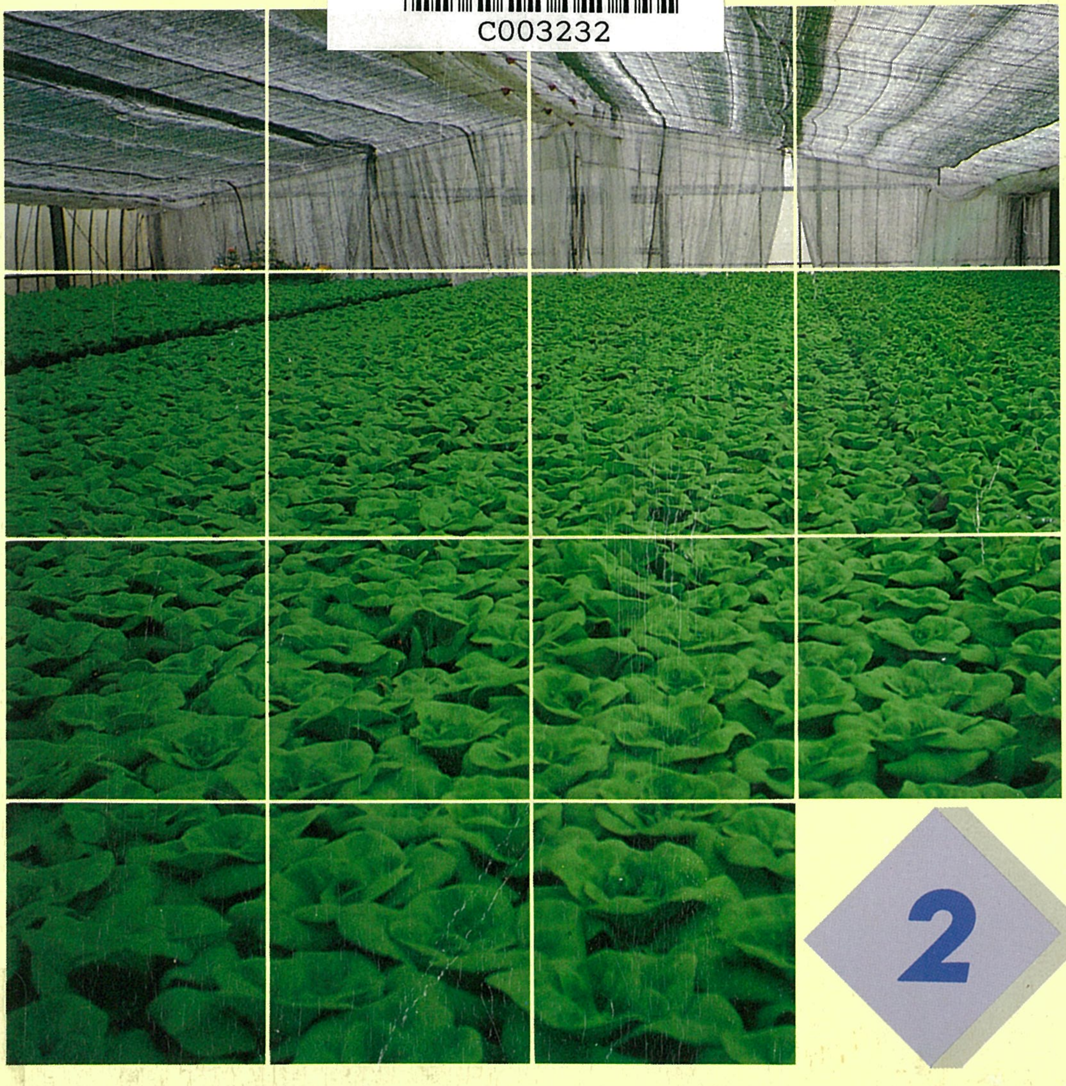
養液栽培技術講習會專刊

中華民國七十八年一月十一日至十二日於鳳山熱帶園藝試驗分所舉行

沈再發・許淼淼・徐森彥　主編

TARI LIB.
C003232



2

5.2
11
2
89

行政院農業委員會　補助
台灣省農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所　編印

中華民國七十八年六月三十日

435.2
3411
n.2
3146

目　　錄

序……杜所長金池……I
致歡迎詞……沈分所長再發……II
養液栽培之發展方向與展望……李金龍、侯鳳舞……1
本省養液栽培之現況及其改進方向……呂理福、呂理組……4
國內外各種養液栽培法特性之比較……高德錚……17
作物的營養特性及影響養液組成之因素……沈再發、許淼淼……44
培養液的化學性及其管理……王銀波……60
水耕蔬菜營養失調常見之症狀與診斷方法……李國權、林慧玲……69
固體介質之養液栽培……李　　哖……78
從實務觀點談—青田農場養液栽培模式與管理概念……葉連桂……88
青年農場之葉菜類浮根式水耕……饒建池……92
水耕栽培的經驗談……柯瑞鏗……96
台鳳M式綠心智慧水耕系統簡介……林勝才……101
水耕栽培的經營與管理……楊清光……109
洋香瓜之養液栽培經驗……鄭光進……111
金針花之礫耕栽培……翁廷鶴、鍾德明……116
綜合討論……李金龍、林國濱、杜金池、沈再發……121
學員通訊錄……127
附錄……132

003232

序

養液栽培為綜合性高科技之耕作栽培技術，目前本省尚屬開發階段。研究單位已進行若干基本研究，並逐漸達實用化。農家於試行應用栽培[illegible]，亦常遭遇諸多問題。例如應採用那種養液最適合栽培作物之生育、栽培設施之配置、栽培管[illegible]及最重要的如何能使經營管理合於經濟學理念等，皆為目前急需研究，[illegible]是農家迫切需要的[illegible]。

本所鳳山熱帶園藝試驗分所承行政院農業委員會國家[illegible]園藝計畫之經費補助，於民國七十七年辦理『第一次養液栽培技術講習會』，會中除[illegible]學者講解養液栽培技術外，並至實地觀摩，引起與會人員熱烈回響。因此，於今年再辦理『第[illegible]次養液栽培講習會』，以為落實過去之成果，並期能開拓未來成功之展望。

一年來本省養液栽培面積增加了5—6公頃，其中[illegible]包括豌豆苗之生產。此項事實不但肯定了第一次養液栽培技術講習會之成果，同時，也使我們深覺任重道遠。本次講習會除了專家學者之報告外，並請實際經營養液栽培的農戶，就其經營狀[illegible]栽培技術與經驗以及所遭遇之困難等做一系列報告，將理論與實際做一整合，期使研究能[illegible]合農民實際之需要。

養液栽培有提高作物產量與品質、克服連作障礙、有利周年生產以及穩定產量等多項優點。然而，由於本省地處亞熱帶高溫多濕，故養液栽培[illegible]管理上，以及病蟲害之防治上，仍有諸多問題尚待克服。由於各界對養液栽培技術資訊需求殷[illegible]特將此次講習內容編輯成專刊第二輯，期拋磚引玉，引起更多專家學者之參與，並供實際生產[illegible]之參考。

最後， 謹向各位專家學者熱心參與，提供最[illegible]成果，衷心致謝，各位農友熱心參與講習會，致最大敬意。

台灣省農業試驗所
所　　長　**杜 金 池** 謹誌

七十八年六月三十日

歡迎詞

各位貴賓、各位女士、各位先生大家好！

在此繼續舉辦「第二屆養液栽培講習會」，本人代表主辦單位向大家表示歡迎之意。

藉著去年與今年舉辦這兩次養液栽培講習會，大家互相的溝通與技術交流，已提高養液栽培技術。而養液栽培在未正式推廣前，或許在這次講習會後，大家互相討論與溝通之結果，可作為本省發展養液栽培的重要依據。本次報名參加講習會人員很多，但容納名額有限，對於有意參加農民而沒被接受者，至感歉意。本次講習之報名資格與第一次一樣，需具有農民資格，經各縣市推薦報名參加，再遴選二位，所以參加對象是農民而不是資本家。本次與第一次講習內容有所不同，第一次講習會著重在技術介紹，特別是硬體方面，如基本概念、栽培方式及其設施、栽培管理、病蟲害方面等。而第二次講習會除了硬體外，軟體方面亦詳加介紹，如肥料化學特性、養份吸收特性、診斷病狀特性等。希望本次講習會能發揮更大的效果，也期望將來發展為研究會的性質，以提高養液栽培技術。

本次講習會，係行政院農業委員會經費補助，由農試所鳳山熱帶園藝試驗分所主辦，經各縣市政府與農會之協助推荐參加農戶，並承許多學有專精之專家、學者擔任講師，本人謹此表敬意與謝意。祝講習會圓滿成功與各位身體健康、事事如意。

鳳山熱帶園藝試驗分所
分　所　長　沈　再　發

中華民國七十八年一月十一日

養液栽培技術講習會專刊 第二輯 1～3，1989

養液栽培之發展方向與展望

李金龍 侯鳳舞*

養液栽培（ nutriculture ）為一種無土設施栽培技術，它包括了砂耕、礫耕、岩棉栽培、水耕、水氣耕、噴霧耕…等，各種利用人工調配營養液供作物生長之新興作物栽培方式。其在商業生產利用之歷史雖不久，但有關植物生長所需營養配方之基本研究遠在300年前即已開始進行。英國皇家學會研究員 woodward 最早利用水耕方法探討植物之營養吸收方式，但因設備及植物生理等相關科學知識缺乏，進展有限。至1865年西德溫茲堡大學 Van Sach 教授才開發完成植物之無土栽培技術、當時之無土栽培技術主要係供植物養份吸收及生理代謝研究。直至1930年美國加州大學 Gericke 教授從事水耕蔬菜生產試驗成功後，世界各國才開始進行商業化栽培之研究與開發。二次世界大戰後，駐日美軍，曾於東京近郊及滋賀縣等地設立礫耕栽培場32公頃，生產萵苣、蕃茄及胡瓜等生鮮蔬菜，供應境內之美軍及眷屬，此為養液栽培大規模生產利用之開始。此後養液栽培逐漸受到各國重視，各種養液栽培技術及模式亦相繼開發，例如近年來業者栽培採用之薄膜流層（NFT）水耕栽培技術，即由英國溫室研究所開發改良而成。目前世界上已有許多商業性之養液栽培農場，主要生產作物為葉菜類及果菜類、芽菜及花卉。以世界上水耕栽培最發達國家荷蘭為例，其養液栽培面積已超過2000公頃，主要以岩棉栽培生產蕃茄、胡瓜及花卉。其它如英國之養液栽培面積約250公頃，主要生產作物為蕃茄、胡瓜、萵苣。日本養液栽培面積約有300多公頃，大部份以岩棉栽培及 DFT 法來生產蕃、胡瓜、洋香瓜、鴨兒芹、蔥、萵苣，草莓及花卉等。美國、法國、丹麥、比利時、加拿大、以色列、西班牙、澳大利亞等國之養液栽培均有相當規模。

另外全球性之養液栽培研究及推廣單位有：國際無土栽培學會（ISOSC）於1955年在荷蘭成立，每4年開一次大會，現有50國約500名左右之會員與會；國際養液栽培研究所，位於西班牙 Las Palmas，為國際上唯一之養液栽培專業試驗研究單位。可見世界各國對養液栽培之重視。

一、國內養液栽培現況

國內芽菜的養液栽培，以豆芽之實用化最早，其次為苜宿、豌豆、蘿蔔等芽菜類。但田間作物之養液栽培起步較晚。民國58年龍潭農校開始進行礫耕栽培試驗。然後農業試驗所，中興大學亦開始進行無土栽培試驗。民國七十二年鳳山園藝試驗分所開始進行水耕栽培試驗，民七十四年台中區農業改良場開始進行水耕栽培實用化之研究，此後亦有民間業者開始從事養液栽培技術之引進及小面積生產嚐試。茲將其研究開發重點及成果簡述如后：

㈠台中區農業改良場

於75年底開發完成動態浮根式水耕栽培系統，本養液栽培系統之特性為作物之根系，隨養液之昇降而上下波動，上位根部可露於容空氣層中而增加根部活性。因此可有效克服部份因溫所引

---

* 行政院農業委員會園產科科長及技正

起之水溫上升、溶氧量缺乏、根活性下降等向題。目前採用動態浮根式水耕系統進行蔬菜生產栽培的有台灣糖業公司的溪湖糖廠及浦里副產加工廠，及台中縣龍井鄉、苗栗縣銅鑼鄉、西湖鄉、桃園縣平鎮鄉、彰化縣永靖鄉、台南縣歸仁鄉及台北市外雙溪等一帶農民從事葉菜類及果菜類的生產。

㈡鳳山熱帶園藝試驗分所

目前正積極從事洋香瓜水耕栽培試驗，以浮根式水耕配合定時養液交換法進行。洋香瓜之養液栽培，從管養生長轉在為生殖生長，需有特殊之養分及水分管理，以供果實肥大、網紋、果色或果肉糖度等與品質有關之特性表現，此為世界各國從事水耕栽培仍需克服之瓶頸問題。目前鳳山分所在洋香瓜水耕栽培品種之檢定、養分及水份管理技術方面已有相當進展。

㈢其它試驗場所

亞洲蔬菜研究發展中心研究開發之“非循環式水耕栽培系統”採用不通氣原理，在設施與材料成本上較其它養液栽培系統低，且管理方法較簡易。經兩年來試驗研究結果，本系統極適合於家庭式短期蔬菜之養液栽培。而採中大型非循環式水耕栽培系統之研究開發將以經濟生產為主要目標、農產、低生產成本及高品質為必要條件。對短期蔬菜作物而言，技術上問題不多，產量的限制因子為高溫下生物產量的潛力，而非水耕系統之優劣。作物在高溫下根系發育不良為非循環式水耕系統在夏季不利蔬菜生長的主要限制因子之一。因此如何調節液溫及克服根系在高溫時之缺氧問題，仍需再研究探討。對長期蔬菜類而言，養液之繼續添加方式及高溫下根係活性之維持為主要之研究方向。

㈣民間業者：

國內目前從事養液栽培業者有廿餘戶，面積約六公頃。所採用之養液栽培系統及生產蔬菜種類則各異。如台糖公司溪湖廠及埔里副產品加工廠係採用台中改良場研究開發之水耕栽培系統，生產萵苣、白菜、青梗白菜及胡瓜等。台灣清潔蔬菜公司從國外引進 NFT 系統的設備，生產葉菜類。台鳳公司亦於民國七十六年十二月與日本 M 式水耕研究所合作，引進本套設備及生產技術，於陽明山菁山路租地投資設立台鳳綠心水耕農場，為國內首套智慧型栽培系統，其溫室設施面積有1056平方公尺，設施內外裝置有日射、氣溫、降雨、風速、濕度、二氧化碳等精密感應器，並有電腦監視螢幕，目前以生產波斯頓萵苣等新鮮生菜為主。

二、養液栽培面臨之問題

㈠栽培模式及供氧方式

世界各國均有各種不同之養液栽培模式。如荷蘭大部分作物以岩綿栽培。岩綿因理化性良好、有充分的空氣和水份供給，不具離子交換力，而且養分之控制容易。日本之葉菜類以 M 式為主，蕃茄生產則以等量交換式和 Hyponic 兩種為主。英國之胡瓜和番茄亦以岩綿栽培為主，萵苣則以培養液薄膜法（NFT）栽培。國內氣溫較高，夏季平均最高達30°—31℃，而液溫高時溶氧量則少，如液溫30℃時其飽和溶氧量為 7—6ppm，且作物於高溫下根所需之氧消耗量愈高。因此國內應以本身之環境條件與需要為考量基礎，研究開發合之養液栽培方法。評估介質耕、水耕或噴霧耕等的適用性。

㈡溫度調節問題

夏季高溫為一般蔬菜土耕及水耕栽培共同面臨之問題。因此降溫處理或局部（根部）冷卻方

法，以供作物正常生育之促成栽培方式，為養液栽培方面尚需研究解決之技術。

㈢培養液之調配管理

培養液之成份因作物種類不同而有差異，且培養液之管理如溫度、濃鹼度、電導度、溶氧量等基本資料均需隨時注意，以免發生偏差。

㈣養液栽埣之基礎資料及經濟生產成本尚待建立

有關養液管理、作物生育基礎及病蟲害之發生、控制及經濟生產成本分析等基本資料之建立為養液栽培上游工作所急需進行之重點項目。

三、未來展望

㈠改善品質及穩定產量

依據歐美先進國家養液商業化栽培之經驗。瓜果類之品質份有待改善。例如蕃茄酸味低，但因鉀與磷肥之肥效合理化而味甜。胡瓜之水分雖多，但肉質脆且貯藏性高，有些葉菜類如芹菜等之香味減少，洋香瓜之糖度不均一等，此等問題須從育種或栽培管理技術上予以克服改善。

㈡擴大經管規模

養液栽培可連作，且比土耕可節省40%之勞動力。若能擴大經管規模，以企業經管試建立周年生產體系，並配合超級市場之銷售體制，以提高養液栽培之經濟效益。

㈢規格化設施及資材之供應

養液栽培雖已朝本土化方向發展，但投資費用甚高，影響水耕蔬菜之生產成本。今後應加強規格化設施資材之開發供應。

四、結　論

養液栽培技術為目前行政院農委會推動之國家級設施園藝計畫項下之重點工作之一。近年來經有關試驗研究單位不紘斷地研究開發改頁，已有不少業者開始引用栽培。惟養液栽培成本高，適合生產作物種類有限，管理需具高科技等問題，均有係突破改進。養液栽培最後階段即以建立植物之廠為重要日標之一。若能針對上述問題研究改善，未來養液栽培之發展仍深具潛力。

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　4～16, 1989

本省養液栽培之現況及其改進方向

呂理福　呂理組*

一、前　言

本省養液栽培之實用化研究至今尚不到二十年的歷史，而其由試驗研究機構走向民間企業經營也只是近一～兩年來的事。

民國五十九年省立龍潭農工設置無土栽培研究室，開始著手礫耕之實用化研究，民國六十一年與大生行有限公司建教合作，先後興建面積各佔500㎡與2700㎡（後來經整建後縮小為1350㎡）之礫耕研究中心及礫耕農場，後者可謂東南亞第一所無土栽培農場，其生產之蔬菜曾銷售台北市。雖然由於當時本省對設施園藝之需求性不高，並未立即引起農政單位之支援及鼓勵，但確也引起了不少農業界，甚至企業界人士之注目。在同一時期，當時位於台北市的省立農業試驗所也積極進行砂耕的研究，均為本省從事無土栽培實用化實驗之先聲。

其後隨著本省農業經營之升級，國立中興大學、台中農業改良場、鳳山園藝試驗所、台灣糖業公司、台灣肥料公司及亞洲蔬菜研究中心等機構也先後著手養液栽培之研究；尤其自從邱主席主持省政，發表推展精緻農業之政策後，包括養液栽培在內的設施園藝更成為今後發展農業的主要重點，而民國七十六年二月十八日在省農業試驗所舉行的設施園藝研討會更發揮了對於養液栽培研究的催化及整合作用。

近一～兩年來，由於大衆對於清潔蔬菜需求之日益增加，以及勞資及蔬果價格之急遽上昇，設施園藝所需之客觀環境逐漸形成，加上各有關研究機構陸續改進及開發多種較為實用之養液栽培設施，本省企業養液栽培農場有逐漸增加之勢（表一）作者為瞭解本省養液栽培之概況，先後分赴全省各地之養液栽培研究機構及農場實地參觀，發現本省之養液栽培，不但在實驗研究方面迅速在推展，而且更高興地看到許多企業界年青優秀人才投入養液栽培的經營，雖然尚未完全定型，且仍有不少問題尚待解決，但已足以顯示其旺盛的企圖心及發展潛力。茲將管見所及，對本省養液栽培之現況作一整體性報導及分析，並提出若干改進方面之建議，因匆促成文，疏漏之處在所難免，尚祈識者有以斧正，幸甚。

二、本省養液栽培之現況

(一)養液栽培農場之分佈及經營規模

經初步調查，本省養液栽培農場已有二十餘所，其規模雖然不大，但其分佈相當普遍（表一）。以地區別而言，北部七所，中部最多，有十二所，南部則有二所，以公私營來分，屬於公立機構者只有四所，其餘十七所則全屬私人農場，至於規模來說，面積較小者僅120㎡，較大者亦只有3830㎡而已，而全省水耕農場之總面積只有3.058㎡（約3.1公頃），僅約佔本省蔬果類設施栽培面積（280公頃）之1%，與日本養液栽培全國總面積廣達293公頃（1983）相比，可謂尚在萌芽階段。

---

* 桃園農工校長及園藝科主任

表一　台灣省養液栽培現況一覽表

名稱	面積（m²）	系統方式	地址	負責人	電話	創立日期
青青農場	120m²	動態浮根式	台北士林區至善路二段260巷64號	林梅光	（02）841-1616	75年10月
永庚農產有限公司	2,000m²	環流式、循環升降式	桃園縣蘆竹鄉富國路二段249號	永庚農產公司	（03）323-4197	76年7月
桃園監獄水耕栽培場	330m²	循環升降式	桃園市延壽街158號	桃園監獄	（03）338-2975	77年9月
清德礫耕農場	1,350m²	段落循環式	桃園縣龍潭鄉東龍路117號	龍潭農工	（03）479-2829	62年
台灣清潔果菜公司農場	600m²	NFT	楊梅鎮民富路二段161號	林正芳	（03）472-3111轉212 （02）505-8785	75年4月
亞森農園	1,320m²	岩綿點滴式	新竹縣關西鎮大同里52-1號	邱清鈺	（035）875475 876950	75年5月
高埔水栽培場	3,140m²	動態浮根式	苗栗西湖鄉高埔村大窩21號	劉家輝	（037）983366	75年4月
益農行岩綿栽培場	120m²	岩綿點滴式	台中市正氣街48號	林博正	（04）287-4975	77年
加強四健會作業示範農場	260m²	DRF	豐原市豐勢路1042巷6號	豐原市農會	（04）522-4111	77年
錦盟農園	660m²	綜合法	台中太平鄉頭卡坑新城路內城巷14號	林家憲	（04）270-5119	76年5月
青年農場	1,460m²	浮根式	台中市大坑北屯區和平巷6號	饒健池	（04）234-1350	76年10月
豐樂水耕農場	1,650m²	循環式	台中市南屯區豐樂里昌明巷29號	蘇錦河	（04）389-4552	76年10月
台產水耕蔬菓開放農園	2,000m²	循環升降式及NFT	台中縣東勢鎮東關街298-1號	台產水耕公司	（04）233-9415	77年7月
台中水耕農場	2,000m²	NFT	台中縣東勢鎮東關街455號	台產水耕公司	（045）871466	77年9月
長生水耕農場	960m²	循環、浮根、NFT	彰化縣花壇鄉三春村後厝巷6號	柯瑞鏗	（047）868157	77年6月
台糖六埔農場	1,750m²	動態浮根式	彰化縣埤頭鄉元埔村農場路1號	台灣糖業公司	（048）870842	75年
梅峰農場	970m²	NFT	南投仁愛鄉大同村仁和路136號	台灣大學	（049）802343	75年12月
埔里農場	1,500m²	環流式	南投埔里公誠路27號	台灣糖業公司	（049）982001	76年1月
台大春陽農場	1,940m²	NFT	南投仁愛鄉台大春陽農場	台灣大學	（049）802272	75年12月
嘉美水耕農場	3,830m²	動態浮根式	台南歸仁鄉崙頂村180號	楊清光	（06）230-6902（日）	76年11月
台南縣水耕栽培示範農場	970m²	浮根式	台南縣山上鄉玉峰村1～1號	葉連桂	（06）578-1477 578-2769	77年8月
合計	30,580m²					

(二)養液栽培之方式及其栽培裝置

本省養液栽培之方式絕大多數都是屬於水耕，礫耕只有省立龍潭農工一所（圖1），岩綿栽培也只有台中市益農行與新竹縣關西鎮亞森農園岩綿栽培農場二所（表一）。龍潭農工的礫耕農場為兩段式的混凝土耕床設施，上下兩段耕床間有虹吸管連通，養液的供應係採定時循環式。益農行及亞森農園岩綿栽培，其養液之供應方式為點滴式，養液並不回收。至於水耕，常見的型式包括浮根式、動態浮根式（D.R.F）、循環升降式、環流式、及養液薄膜式（N.F.T）等。

浮根式養液栽培係鳳山園藝分所所拓展，其主要的特點是利用不織布及雨傘布使根群沿液面擴散，俾使根群可獲得充分的氧氣供應，台中市大坑的青年農場便是採用此種方式的代表，其養液保持靜止狀態，並不循環，保麗龍定植板與雨傘布間約保持兩公分的間隔。

動態浮根式乃台中農業改良場所所發展，由於其系統在每次營養液之灌排過程中可使根群隨養液之昇降而“上下左右波動”，故稱動態浮根式，其主要用意也是在使根群得以充份吸氧，目前採取動態浮根式的農場包括苗栗的“高埔水栽培場”（圖2），台南的“嘉美水耕農場”（圖3），彰化縣的台糖“元埔農場”（圖4）等。

圖1 省立龍潭高級農工職校清德礫耕農場
一金針栽培

圖2 苗栗縣西湖鄉高埔蔬菜水耕栽培

圖3 台南縣歸仁鄉嘉美水栽培

圖4 彰化縣埤頭鄉台糖元埔水耕農場

循環升降式（圖5）則為呂理組及作者先後服務於省立龍潭農工及省立台中高農時所開發，其與動態浮根式相同處在利用灌排液時液面之間歇性升降使根群間歇曝露於空中而獲取充分的氧氣，但二者之灌排液系統有顯著的不同，動態浮根式係從耕床的一端的上方將養液經水龍頭沖入耕床中，而循環升降式則利用縱走於耕床內底面的有孔供排液管將抽水機抽自養液池的養液由管孔噴（擠）出耕床中（超過設定高度的養液由溢虹管流回養液池），供液時間過後，抽水機停止運轉，留存耕床中的養液即由原管吸回養液池。其優點在供排液時，耕床各部位的養液同時均一升降，可避免由一端供液，另一端排液時所易發生的兩端液位的差距，尤以當根群旺盛，而致對床中養液之流動有所阻礙時為然。採用此方式的農場包括：台中縣的台產水耕蔬果開放農園（圖6），桃園的永庚農產有限公司（部分）（圖7），及桃園監獄水耕蔬菜栽培場等。（圖8）。

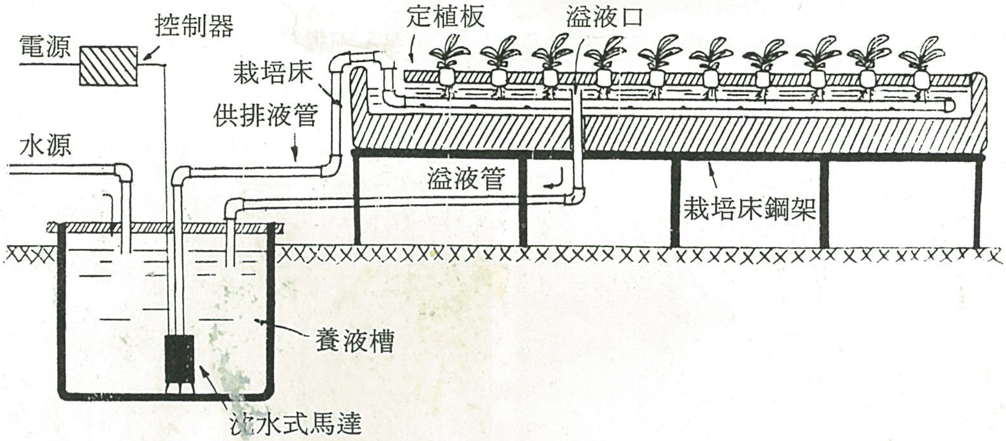


圖5　循環升降式水耕栽培系統簡圖

圖6　台中縣台產水耕蔬果開放農場
一雙層耕床

圖7　桃園縣永庚農產有限公司
一木製耕床

圖8　台灣省桃園監獄蔬菜水耕栽培場

圖9　台大梅峯農場NFT水耕一草莓

圖10　台大春陽農場，由日本引進的みかどNFT水耕

圖11　台灣清潔果菜公司由美國引進的NFT水耕

薄膜養液栽培（N.F.T）的主要特點在①耕床有斜度（1/ 80～1/ 100），②耕床淺薄，小型，③耕床中之養液保持薄層的流動狀態，④養液池體績較小，由於耕床中的養液始終保持薄層的流動狀態，因此根群很容易接觸空氣，無缺氧之虞，同時由於耕床及養液池較小，可節省一部分之設施費用，採用此種方式的農場包括：揚梅之台灣清潔果菜公司農場，台中縣的台中水耕農場，台灣大學位於南投仁愛鄉的梅峯農場（圖9），台大春陽農場（圖10），以及台南縣山上鄉的台南縣水耕栽培示範農場等。其中台灣清潔果菜公司農場（圖11）之所有設施均由美國購入，並經技術轉移，其溫室爲密閉水濂冷卻式，目前正在從事波斯頓萵苣的生產。基本上，薄膜養液栽培係英國所開發，但引進國內後，採用的各農場在其設施上或多或少做了本土化的調整或改進。

養液栽培的設施類型雖然相當多樣化，但其主要目的都是在以合理的經費提供作物理想的生長環境，特別是把改進設施的焦點放在，①設施費用的降低，②養液溶氧量的提昇，③使根群獲得充分的氧氣及適溫的養液等。以此觀點而言，顯然目前看來，從事於水耕的業者大多能舉一反三，一方面不斷吸取養液栽培的新知識，一方面基於實際的需求不斷對水耕系統及設施方面有所改進，對於養液栽培之本土化均有所貢獻。

㈢養液栽培之經營情形

就目前本省之養液企業栽培而言，多數農場在栽培技術方面，雖然已有穩定的基礎，且不斷有所改進，但在經營方面則仍有許多問題尙待克服，例如設施費用的降低，運銷途徑的開拓等都是目前所亟待解快的課題。

1.設施費用

⑴溫室

由於各農場所採用之設施品質及規格不一，即使是同一類型的養液栽培系統其造價之差距頗大，尤其塑膠溫室（網室）之造價為然。造價較低的，如農林廳所推廣的塑膠溫室（網室），其造價每平方公尺約為300元，台大的梅峯農場及春陽農場之溫室造價每平方公尺也只約360元，而造價較高者如台灣清潔蔬菜農場，其由美國直接進口的水濂冷卻式密閉型溫室共600平方公尺，其價格為每平方公尺2500元。

⑵水耕設施

一般水耕設施包括耕床，床架及灌排系統等，其造價較少者，每平方公尺不到1000元，較高者近2000元。由此可知，養液栽培之基本設施每平方公尺1100元到4000元之間。

岩綿栽培因可不採用養液回收式，可免除電動灌溉系統的經費，故其造價約只有一般水耕栽培設施費的一半。

2.養液栽培作物之種類及產銷情形

目前本省水耕作物的種類大多為蔬菜類，而葉菜類多於果菜類。葉菜類中以小白菜及萵苣居多，青江白菜、空心菜、芹菜及韭菜等次之，果菜類則為甜椒、草莓、番茄、洋香瓜及胡瓜等。

有些水耕農場係配合其所採用之水耕系統，選栽最適合的作物，例如引進美國N.F.T系統的台灣清潔蔬菜公司水耕農場便是專門生產生吃用的波斯頓萵苣，而採用岩綿水耕系統的益農行及亞森農園則選栽甜椒。

至於水耕作物之單位面積產量，就整體而言，雖由於水耕系統設施及栽培技術不斷有所改進而逐漸提高並趨於穩定，但各水耕農場之間仍有差距，以小白菜為例，其單位面積較低者，每期每1000㎡僅約2000公斤，高者每1000㎡可達3240公斤之應有水準，而一般水耕農場之產量則多徘徊於其間。在萵苣的養液栽培方面，台灣清潔蔬菜公司N.F.T水耕農場已達到了相當的水準；依據該公司之實地說明，如以1000㎡計，其N.F.T水耕農場一次可栽植20,000株波斯頓萵苣，因每年可栽培11次，其年產量計有220,000株，而以時價每株16元計，其年售額高達新台幣3,520,000元。在果菜類方面，彰化的長生水耕農場（圖12）對於洋香瓜的水耕栽培已獲初步的進展，該農場所提之資料顯示，每1000㎡的水耕農場可栽植2500株洋香瓜，以每株收獲0.8個洋香瓜，而每一個洋香瓜重1.2kg計，共可收穫2400kg重的洋香瓜，因此就每1000㎡水耕洋香瓜的銷售額而言，以每公斤90元計，每一期作（兩個月），共可獲得216,000元。

在產品的銷售方面，業者都在努力拓展市場，建立銷售的管道，期望能建立有系統而穩定可靠的銷售網。其銷售方式通常都經由中間商或水耕農場本身批售給附近市鎮的超級市場或百貨公司，少數水耕農場係自銷。例如台大的春陽農場係銷售南投市及台中市的超級市場，永庚農產有限公司銷售桃園及台北超級市場、餐廳等，而青青農場（圖13）則供應給自營

圖12　彰化縣花壇鄉長生水耕農場
—NFT水耕洋香瓜

圖13　台北市外雙溪青青農場生產青菜
供應私營餐廳

圖14　南投縣台糖公司埔里水耕農場

圖15　台中縣太平鄉錦盟農場

圖16　省立桃園高級農工職業學校
養液栽培示範場

的餐廳。

在通常情況下，水耕蔬菜之價格較土耕蔬菜之價格穩定，而售價也較高。有些水耕農場（如嘉美水耕農場）為保持價格之穩定，以利營運，其售價一年之中只調整兩次，一次在夏季（價格較高），一次在冬季（價格較低），同時，葉菜類不分種類一律統一價格：夏季的售價為每包（250克）12.5元，而冬天則每一包10元。此種銷售模式如能推廣全省，將有助於本省養液栽培之統整化及企業化。

據一般水耕經營者之看法，只要溫室及水耕系統設施費用能進一步降低，並將作物之單位面積提昇至合理的水準，在目前之水耕蔬菜售價下，其收益應優於一般的土耕。以循環升降式水耕法培養小白菜為例，其年淨得高達514,340元，年報酬率為31.9%（表二）。台中農業改良場所發表之DRF白菜水耕栽培之年收益，每公斤僅以30元計，其年淨得亦高達318,190元，前述台灣清潔蔬菜公司，其美國引進之N.F.T水耕設施費雖然每1000㎡高達300萬元，但其年銷售額亦高達3,520,000元，其年淨得額應可與上述兩例相比。

省立龍潭農工之清德礫耕農場在設立之初係栽培葉菜類及果菜類（洋香瓜），後來由於該農場離校本部較遠，為管理方便，專門栽培長年生的金針菜，除花期採收較費人工外，平時幾乎無需管理，其花的年產量每1000㎡約1600公斤，以鮮花每公斤台幣50元計，銷售額為80,000元，該農場共有1350㎡，計其年銷售總額為108,000元。由於其耕床為混凝土製，且係露天礫耕農場，只有抽水機等灌溉系統須定期更換外，其他幾乎無需折舊，扣除生產費用10,000元（水電費7,200元，肥料費2,800元）及抽水機等灌溉系統之折舊費2,000元，年淨額可得96,000元，與水稻的收益比仍然高出不少。

桃園縣的青年水耕農場專門培養豆苗，面積約6600㎡，每天可生產豆苗（豌豆苗）800台斤，每台斤售價70元，計每天的銷售額為56,000元。雖然其設施費多達1000萬元，種子、水電、肥料、人事及包裝等生產費用，以及設施折舊費等亦不比一般水耕少，但目前其售價較一般水耕蔬菜為高，因此，如售價如能保持穩定，當成為一強勢的水耕企業。

三、本省養液栽培之改進方向

本省養液栽培之實用化歷史非常短，近一～兩年來，雖然已邁入企業經營的階段，但由於不但成本較偏高，且需較專精之栽培技術，業者在實際操作及經營上常遭遇不少亟待解決之課題。固然以目前而言，尚無解決所有課題的萬靈丹，但依筆者之拙見，至少應朝下列方向有所改進。

㈠降低成本

1.減少設施費用

設施費用的合理化是企業經營的基本條件，雖然水耕作物的產量往往比土耕者為高，但在產量尚未穩定時，千萬不要高估，以免相對投下太多的設施費，導致經營上之挫折，甚至半途而廢。養液栽培之主要設施為塑膠溫室及水耕設施，二者通常均非一般農民所能自製，因此，設施費用的降低有賴於農工商三方面的整合性努力，且需要有農政單位的有效輔導。以塑膠溫室而言，目前農林廳及亞洲蔬菜中心所推荐的塑膠溫室，其造價每1000²約30萬元，價格尚稱合理。在水耕設施方面，由於相當多樣化，除動態浮根式系統及循環升降式系統已本國 [illegible] 系統及岩綿水耕系統，其資材及設施均由外國引進，價格 [illegible] 機構應合力輔導本省園藝資材製造商，促

表二 循環升降式水耕系統栽培白菜之年營運分析表

項目		金額（元）	計算方式
收入	年產量	40,320公斤	16公斤×180坪×14次
	單價	40元/ 公斤	
	銷售額	1,612,800	40元×16公斤×180坪×14期
生產費用	種子費	6,000	200元/kg×30kg/ 年
	肥料費	42,800	17元×180坪×14期
	海綿費	72,580	0.1元×288塊×180坪×14期
	消毒費	6,000	
	電費	10,080	2元×14度×30天×12月
	水費	10,000	
	人事費	360,000	15,000元×2人×12月
	包裝費	159,000	1元×63袋×180坪×14期
	小計	666,460	
折舊費	溫室折舊費	180,000	註：溫室面積為1,000㎡
	水耕系統折舊費	252,000	
	小計	432,000	
支出合計		1,098,460	
年淨得		514,340	
年報酬率		31.9%	

使溫室及水耕設施之進一步規格化，實用化，以薄利多銷的方式合理降低設施之費用。

另一方面，業者亦應設法就地取材，自力製作或組合水耕植床及其他水耕設施，例如永庚農產有限公司之水耕植床便是利用魚箱的木板所釘製者，設施費用可降低不少，一些其他水耕農場也有相類似的情形。

2.減少用人費

養液栽培的主要特徵之一便是由於不需要整地、除草，中耕施肥等繁重的工作，故勞力應該可以節省很多，但往往由於工作調配不當及其他工作方式問題，該省而未省，實在可惜。通常情形下，養液栽培較費時間的工作是播種，移植及收獲，其他時間因養液係自動灌排，只要隨時巡視則可。因此，在目前養液栽培的規模很少超過3000㎡之面積下，僱一位管理人員負責一般性的工作則可；至於播種、移植及採收等工作都可僱臨時工，俾節省人事費用。

3.節省肥料

為通氣，除少數例外，養液栽培的養液供應都採循環式，由於養液一再循環使用，可避免習見於一般土耕之肥料流失現象，但由於養液在循環中，其所含之元素不斷被作物吸收，不但養液的濃度變淡，而且各元素之間的比率也逐漸失去平衡。關於濃度的變化問題，由於可使用電導器加以測定，很容易以追肥的方式使其恢復原有的濃度，但有關養液中之元素組成比率失去平衡之問題則需要使用較專業化的儀器予以分析，非一般農民所能輕易做到，在目前，業者都依照電導計所指出之濃度做為追肥之依據，但由於電導計只能測出養液的濃淡度，卻無法分析出養液中所含各元素的量；故追肥的結果有時候會使養液中所含各元素之間之比率失去平衡，致使作物生長因而受到不良的影響，故不少業者每一期作終了時都排棄原有養液，進行更新。養液的排棄不但可惜，而且因含有磷，會污染環境，因此宜盡量避免，可先利用滴定法、比色法、及火焰分析法等分析養液中所含元素的量，然後能據以追肥，才可使追肥後的養液中所含各種元素維持正常的比率，如此也才可以使養液長年周而復始地循環使用。

㈡改進水耕技術

1.播種及育苗技術之改進

一般的水耕播種都是利用人工將種子塞入小塊海綿的裂隙中，頗為費時。為節省時間，播種時只要把種子置於海綿塊上面則可，無需一一將種子塞入裂隙中，但播種前須將裝置海綿塊之播種盤中的水位提高，使海綿塊能充分吸水，俟海綿塊上的種子吸水發芽，並將根伸入海綿塊中後，盤中的水位則可逐漸降低。台大春陽農場採取此種播種方法，效果良好。

最可節省播種時間的方法當然就是機器播種，桃園農業改良場已拓展出水耕播種機可資應用，無妨洽購試用。

水耕農場最好設置專用的播種育苗室，俾提供較理想的育苗環境。

此外，播種前種子須經消毒，以避免發生疾病。

2.養液管理之改進

⑴加強氧氣之供應

養液栽培的方式雖然有很多分化，但其設計的重點同樣都是在提供充分的氧氣給根群，例如霧耕法的特點在同時將水分及空氣提供根群。動態浮根式及循環升降式是在間歇性

降下液面使根群可間歇曝氣。環流式是使養液在以相當速度的循環中，以及利用空氣吸入器增加溶氧量，而N.F.T系統則是使淺薄的養液沿著根群流動，養液既可獲得較多的溶氧量，根群的表面也較容易接觸到空氣。

由於台灣地處亞熱帶，夏天之液溫高，養液中之溶氧量較少，除了應採用利於供氧之水耕系統外，更應適時調整供氧系統之運作，俾避免發生缺氧的症狀，例如在作物生長旺盛時，茂密的根群常遲緩養液循環之速度，因此採用環流式水耕系統者在夏季作物生長旺盛時應隨時注意環流管道的暢通，設法使養液流動的速度維持每秒10cm以上，或者藉水位調節器之助使液面間歇升降。循環升降式以及動態浮根式之供氧情形雖然較為理想，也應視當時之溫度及作物之生長情形適當調節曝氣的間歇時間。N.F.T之供氧情形雖然亦佳，但也應隨意注意其流速，同時，為防備因停電或系統故障致養液斷流而引起作物之枯萎現象，植槽內底宜舖下一層海綿或其他吸水性物質以資應急。

(2)做好追肥工作

理論上合理化的追肥須在做好養液之分析之後才能決定追肥的處方，但實際上，對業者來說養液的分析並非易事，好在還有其他方法可以推測養液的消耗情形並作適當的追肥處方，例如可以利用電導計測定不同濃度的養液製成簡便的追肥表（圖17）假如經測定結果顯示，養液的電導度為1.6mmho，則由圖17可獲知，其濃度正為標準濃度之60%，需追加40%才可使養液恢復原來的標準濃度，另外由於水分之消耗量與肥料之吸收率間有一定的比例關係，因此，只要求出每一種作物之水分消耗與該作物對NO_3-N吸收率之比率便可決定追肥之處方，例如日人曾對礫耕作物之水分消耗量與NO_3-N之吸收率相對關係作成

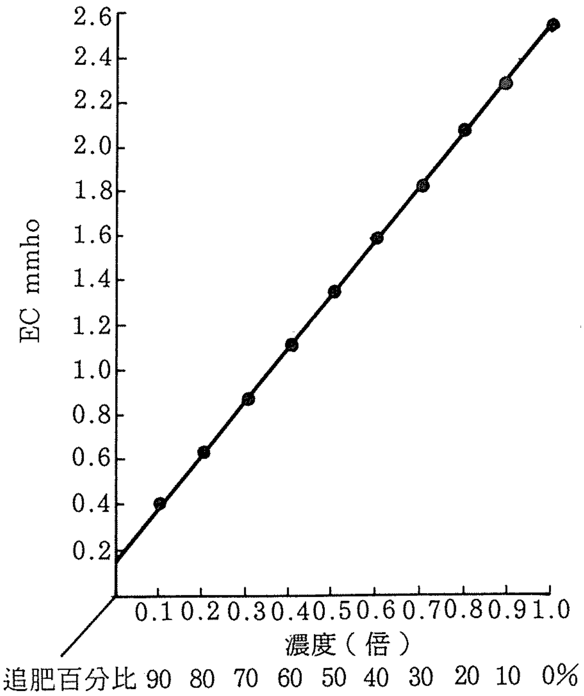


圖17　養液濃度與電導度（EC）之關係及追肥比例

調查，發現胡瓜為70%，而芹菜較多為130%，因此，假設發現養液槽中的養液6000公升減為3500公升時，如為胡瓜，要追加相當於1750公升（2,500×0.7）養液中的肥料，如為芹菜，則要追加相當於3250公升（2,500×1.3）養液中的肥料。追肥如要做得更精確，就必須要作NO_3-N，Ca、Mg及pH等分析，並依照所得N量的消耗情形作全面之追肥，但如分析結果發現N含量太少，但Ca或鹽分濃度過高時，因表示養液成分比例已錯亂，只好作半量或全量的更新。

⑶改善溫室之微氣候

在本省由於寒冬的期間不算太長，溫室之主要功能並不只在於在寒冬時的保溫而已，其在防護風雨之爲害以及防止害蟲之侵襲方面尤其擔任重要之角色。所謂微氣候是指溫室內之光線，二氧化碳，風，溫度及溼度等環境而言，通常與溫室外的環境有所差別。

溫室固然有防護作物的功能，但另一方面也有些缺點需要補救。

(A)二氧化碳之濃度

溫室內之二氧化碳濃度在日出之後會急速降低，常導致作物陷入於二氧化碳之飢餓狀態，特別是在較小型的簡易溫室內為然。由於二氧化碳為光合作用的原料，如能將溫室中的二氧化碳含量從原來之300ppm提昇至兩倍（600ppm）～3倍（900ppm），必然可提昇光合作用的量，而導致作物之增產，二氧化碳來源有燃燒燈油，石油液化氣（propane）等，亦可利用鋼筒裝的液化二氧化碳。

(B)控制溫室之溫度

在冬天，溫室有保溫的作用，但在夏天，由於溫室內溫度上昇之幅度很大，需要有冷卻設備，較簡單的是抽風機，氣窗等，也可利用噴水降低溫度，較精緻的是水濂式的冷卻設備。

(C)調節通風

作物之光合作用與溫室內空氣之流通有關，空氣如静止，會阻礙作物之生長，宜利用抽風機在溫室內造成速度每秒50～60公分的空氣流動，在此情況下光合量會增加兩倍，而獲致30%以上之增產，同時，在此風速下，作物之患病率也至少會減少20%。

(D)調節光照環境

一般溫室內之光照強度都較室外弱，故溫室應興建在向陽的地方，而且要東南向，如栽培的作物為弱光植物應將光照度調節為2萬Lux以下。

⑷調節養液溫度

由於位於亞熱帶，氣溫較高，養液溫度經常偏高，而偏低的時間較短，故如何降低溫液溫的問題較為重要，液溫升高時根之呼吸率也隨之升高，但相反地，養液中的溶氧量卻減少，對根群之生長至為不利，一般作物之最適液溫為23～25℃之間，在夏天經常超過這個界限。

液溫冷卻的方法通常可將冷卻水引進管中循環冷卻或利用冷凍機冷卻，但後者費用較多。筆者與同僚呂理組之研究結果顯示，在夏季時控制養液溫度（19℃～20℃）或提高空中CO_2之含量分別可提高水耕萵苣之產量14%及19.7%，但以控制液溫及提高CO_2濃度兩種處理同時並施效果較佳，惟如何降低其成本俾使收益增多為今後之重要課題。

㈢改進產品運銷

水耕蔬菜之上市為時不久，需求量雖多，但運銷尚未上軌道，其主要的原因有：①數量有限，②產品種類與市場需求不儘符合，③產品常未能持續供應，以及④未建立銷售管道等。針對上述缺點，水耕業者應：①配合市場需求訂定栽培曆，②持續生產及供應產品，③開拓銷售管道，但為了能做好上述幾項工作，水耕業者應組織“水耕蔬菜共同運銷組織”，從事業者間以及業者與市場間之生產及運銷工作，例如，以生產之觀點而言，水耕農場宜作單種蔬菜的專業生產，但以消費市場之需求立場而言，較歡迎多樣化蔬菜之供應，此種問題如由共同運銷組織出面協調合理分工生產，則由多所水耕農場各供應不同蔬菜，便可迎合市場多樣化之需求；其餘問題如依照此種方式處理都可迎刃而解。

㈣提高溫室面積的利用率

由於植床與植床之間常留有走道，故實際利用於種植的面積通常約只佔溫室總面積之三分之二，至為可惜，以目前而言，至少有下列數種方式可以提高溫室的利用率。

1.採用活動式植床

有些水耕農場利用植床與滾筒的組合使植床可輕便地在床下之滾筒上滑動，因而整個溫室之走道可減少到只有一條，其面積利用率可以大為提高，又如楊梅的清潔蔬菜公司農場，其N.F.T系統之植床（植槽）為寬約8公分，厚（高）約2～3公分的長條形構造，可輕易搬動，也不需留太多的走道，其面積之利用率高達85%。

2.採用雙層植床

採用高低雙層植床的缺點是下層的光照不足，但如下層選植一些弱光性植物（如一些觀葉類）未嘗不是一種提高面積利用率的作法，嘉美水耕農場已經在進行實驗。

3.發展可彈性調整株行距之定植板

水耕與土耕的主要不同之一是在栽培的過程中，每株水耕植物都隨時可由定植板完整地移進或移出，而土耕作物則一經定植之後就不再移動（否則根群會受傷），利用此種水耕作物的可移動性，可設計配合作物之生長，彈性調整株距及行距（苗期的株距及行距較小，隨著生長逐漸加大）的定植板，俾增加種植作物的數目來提高溫室面積的利用率。

四、結　　語

與世界其他養液栽培的先進國家相比，我國（本省）的養液栽培尚在起步的階段，要在很短的期間內趕上其他先進國家，除了業者本身要加強研究發展外，政府有關單位應積極以技術轉移，經費補助及貸款等方式展開輔導工作。

近年來，在政府大力推行精緻農業的政策下，各有關實驗推廣機構加強養液栽培之實用化研究及推廣已有可觀的成就。目前分佈全省各角落的二十多所水耕農場已踏出水耕企業經營之第一步，如能因應養液栽培之世界性進展順利經營，則不僅本省的養液栽培事業得以繼續拓展，復可帶動本省之設施園藝事業，而達成發展精緻農業，造福鄉村之國家整體目標。

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　17～43, 1989

國內外各種養液栽培法特性之比較

高　德　錚*

一、前　　言

養液栽培（nutriculture, solution culture）或水耕栽培（hydroponics）是無土栽培（soil-less cuture）的方式之一，從1930年代美國加州大學Gericke教授首創礫耕技術成功地栽種番茄後，世界各地已普遍地利用養液栽培技術來解決設施土耕栽培遭遇的困境，及生產無農藥污染的清潔蔬菜。與土耕栽培法相比，養液栽培法之優點為(1)無土壤之連作障礙困擾，(2)較省勞力及勞動量，(3)具週年生產性，(4)產量穩定，品質均一及(5)較不受天候影響。

本省養液栽培的發展較遲，於民國七十五年三月間位於埔里的台糖副產加工廠首先引用台中區農業改良場開發的第Ⅱ代水耕技術，以1580㎡之土地面積構築了本省的第一座水耕農場；同年六月間，位於彰化縣埤頭鄉的台糖溪湖糖廠，則採用台中區農業改良場開發的第Ⅲ代水耕技術以1280㎡之土地面積構築第二座水耕農場。俟同年底台中區農業改良場完成一套適合熱帶地區的動態浮根式水耕栽培系統（DRF system）後，至民國七十七年底，全省各地DRF水耕系統試作農戶約有20人，總栽培面積達3.0公頃。而位於鳳山的鳳山熱帶園藝試驗分所，其沿用日本山崎肯哉博士的浮根式水耕技術所開發的浮根式水耕系統，在民國七十六～七十七年間亦有0.3公頃的試作面積，再者政府的試驗場所或民營企業等分別由日本或美國整場輸入的NFT或，M式，みかどNFT式，Mist Spray式，新和等量交換式及Hyponica等等水耕農場亦有0.5公頃左右。甚至亦有先進的農民在觀摩台中場及鳳山所的水耕系統後自行構築的水耕農場，在近二年間亦有1公頃左右的栽種記錄。換言之，至民國七十七年底全省各地水耕栽作農場大約有5公頃之譜。以一項政府試驗場所正在評估其栽培成效而尚未列入推廣的農技，能獲得社會各界的重視，固然值得欣喜；唯兩年來筆者由部份自行構築的水耕農場及國外整場輸入的水耕農場發現，每年五月至十月間，水耕蔬菜生育緩慢、根系褐化、葉片軟化、徒長、葉色淡黃、病蟲害癥狀繁雜，導致經濟效益反低於露地土耕栽培者，甚至颱風來襲整個水耕設施被夷為平地，損失慘重。

因之，本文之重點將著重於由如何構築適合本省氣候環境的養液設施的觀點來比較國內外各型養液栽培系統之特性。按根據筆者之經驗，一套適合本省氣候環境的養液設施必需具備的條件，依其重要性分別為(1)設施必需具抗颱風性，(2)通風性佳，盛夏之際設施內外幾無溫差，(3)栽培床具隔熱保溫的效果，(4)養液在無需強制通氣下溶氧量仍高達6ppm，(5)具有誘引氣根（aero-root）的設計，(6)操作簡便再使用性高，(7)可避免青苔之污染，(8)具週年生產性，(9)投資成本回收年限較短，(10)設施成本合理。

二、養液栽培之分類

在傳統的農業生產過程中，土壤與植物乃建立在固持與營養的關係上，植物體經由根系伸長而固持於土面上，而且經由根系之吸收作用，將土壤中之水分及無機養分運送至地上部，以供植

* 台中區農業改良場副研究員

物生長發育之用。而所謂養液栽培者，既然為一種不用土壤為栽培介質的無土栽培法，因之，必需人為地提供栽培介質（medium）及營養液（nutrient）以為植物生長發育之用。

養液栽培的種類可依栽培介質固形狀之有無分成固形介質栽培方式及非固形介質栽培方式兩種。換言之，在固形介質栽培方式中植物根部係固持於固形介質中；而在非固形介質栽培方式中，則植物根系曝露於濕空氣中或浸潤於養液中。一般常用之固形介質有砂、石礫、稻殼、炭化稻殼、發泡海綿、蛭石、珍珠石、發泡煉石、化學合成纖維、泥炭土苔（peat-moss）、木屑、樹皮、果殼纖維、岩綿（rockwool）及不織布（non-woven cloth）等等。非固形介質栽培方式則可依養液之供給方式及栽培床中殘留養液之多寡分類之。若栽培床中殘餘量通常為8～15公分者稱為湛水式（deep flow technique, DFT），反之僅餘1～3公分者稱之淺水式；若依供液方式之別則可細分成流灌式、噴灌式及噴灌及流灌混合式等四種。又在噴灌方式中養液若以霧狀（mist）方式噴出時，又稱之噴霧耕（mist spray）。進一步地若依養液之回收與否，又可分成養液循環式及非循環式兩種。故在下列養液栽培之分類方式係依介質之種類及供液方式詳述之。圖一即為養液栽培之分類簡索。

- 養液栽培
  - 固形介質栽培方式
    - 無機介質
      - 天然礦石（石礫、砂）（照片一）
      - 加工礦石（發泡煉石、蛭石、珍珠石）
      - 礦　纖（岩綿）
      - 化　纖（不織布、發泡海綿）
      - 炭化稻殼（薰炭）
    - 有機介質
      - 泥炭土苔
      - 木　屑
      - 樹皮、植纖（蛇木、水草）
      - 果殼（椰子、稻殼）（照片二）
  - 無固形介質栽培方式
    - 湛水式
      - 養液循環（液面上下供水式、流灌式、自然通風式、強制混氣式）
      - 養液不循環（浮根式、毛管浮根式）
    - 淺水式
      - 養液循環（NFT、噴霧水耕）
      - 養液不循環（滴灌式、噴霧耕

圖一　養液栽培之分類

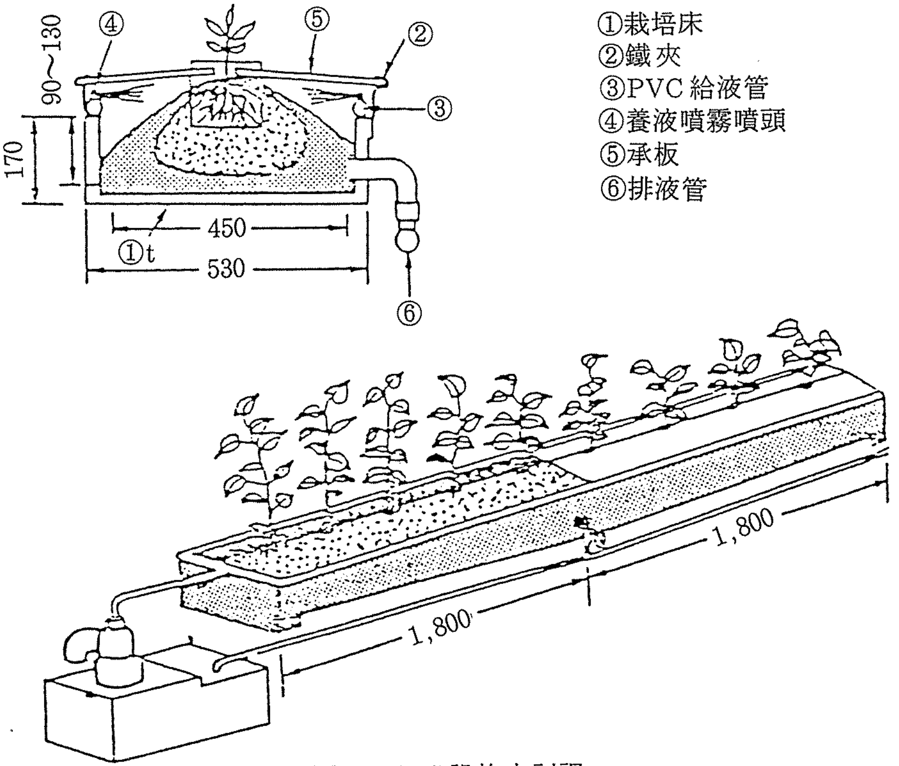
三、各種養液栽作方式之優劣

在養液栽培之演化過程中，大致上由固形介質之栽培方式演變至非固形介質之水耕栽培方式，但1980年代以後，由於岩綿栽培法之開發成功，以荷蘭之花卉及番茄、胡瓜等果菜栽培為例，卻又大量的採用岩綿滴灌法。因之，固形介質栽培方式與非固形介質栽培方式間之優劣性應從設置經費栽培系統及栽培技術等三方面分別探討之。

四、商業化養液栽培系統之特性

(一)SPS式礫耕

1.栽培設施（圖二）



圖二　SPS 設施之剖視

其規格如下：

(1)栽培床：保利龍製，規格為長180㎝、寬53㎝及高90～130㎝、斜度2.2／100，每1000㎡配置254床。

(2)防漏塑膠布：PE材質，厚0.1㎜　2層。每1000㎡需3000㎡裝置。

(3)抽水幫浦：自吸式，3.7kw，50A，1台

(4)給液管：PVC材質每1000㎡需230支，每支長度4m。

(5)噴頭：黃銅製，出水量0.7ℓ／min，0.5kg／㎝²（末端每1000㎡需1830個）

表一 不同栽培介質對養液栽培方式之影響

項目	非固形介質栽培方式	固形介質栽培方式
經費	1.設置初期栽培系統購買費用較高。 2.除了育苗用介質外無需其他栽培介質。 3.抽水幫浦動作時間長，電氣費用高。	部分系統可自行構築，初期設備費較高。 除了砂、礫耕可以數年換一次外其餘固體介質需經常購買。 抽水幫浦動作時間比水耕短。
栽培系統	1.需利用地下養液槽作為養液交換循環之中繼站，因之養液槽與栽培面積間需有一定比例。 2.養液在栽培系統，必需在完全閉鎖（黑暗中）流動。 3.栽培系統之複作性（年栽培次數）高。 4.立體化栽培計畫上較困難。	養液循環系統簡略化大致利用自然落差。 養液在栽培系統中大致開放露於空氣中或不回收。 除了袋形耕外，年複作次數較少。 袋形耕可立體化栽培。
栽培技術	1.若養液中帶有病菌，則全栽培系統中之植株極易傳染。 2.養液之 pH 及 EC 之調節容易。 3.根溫之變動較大。 4.根系空氣與養液間緩衝能力差。 5.養液之施用量不用調節。 6.可連續栽作，前後作間之殘株處理容易。 7.栽培設施之殺菌消毒容易。 8.養液可長期使用不用時可當一般肥料用於田間。 9.適合葉菜類栽培。	若採用養液不循環之滴灌方式則無此弊端。 介質會干擾養液之 pH 及 EC 值。 根溫之變動較小。 介質可增加根系與空氣或養液之接觸面。 若採用滴灌法則每日之滴灌量需隨栽培季節氣溫高低或植株之生育別而定。 殘株處理較困難。 介質之殺菌、消毒過程較難且費用較高。 廢棄之介質處理困難 適合果菜類栽培。

(6)栽培承板：保利龍製，長180cm，寬30cm，厚1.5cm。
(7)栽培介質：天然輕石，比重0.6，pH值7.8，將之以山坡狀排列在栽培床內。

2.供液系統（圖二）

採養液循環回收之噴霧式，以定時器自動啟動抽水幫浦，每日噴霧2～8次，多餘之養液由排液管流回地下養液槽。

3.栽植方式

育苗箱中，採用育苗移植式，首先將種子播於內置直徑3～5㎝輕石之水稻用，待發芽子葉展開後再移入有引育苗鉢中進行假植，俟幼苗本葉達4～5枚時，即可直接移入栽培床中，之後再將保利龍板覆之。

4.SPS式之優缺點

⑴比一般礫耕具連作性。

⑵養液管理可自動化。

⑶植物根系之通氣性良好。

⑷可避免栽培介質之鹽類蓄積。

⑸栽培介質與土壤接近，吸水性佳，比一般水耕較不怕停電，對養液成分之緩衝性較水耕好。

⑹抽水幫浦動作時間短且省能源性。

⑺前作殘根不易清除。

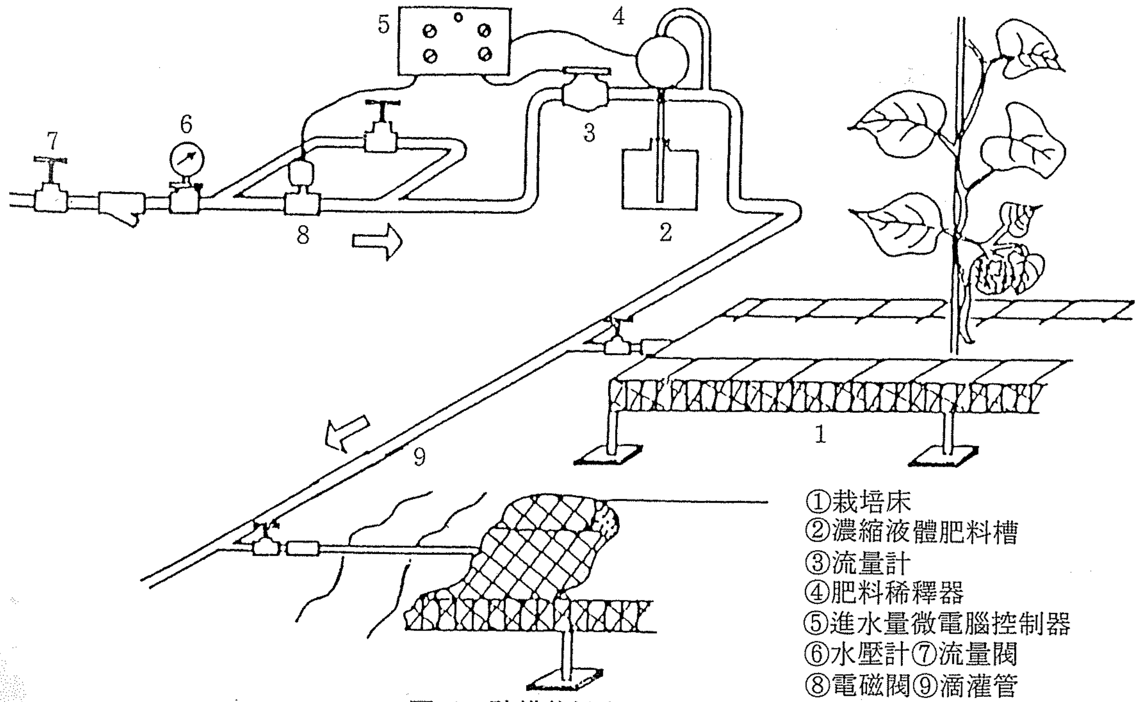
⑻栽培介質長期使用時亦著生青苔等，不利根系生長之物質。

⑼根圈四周環境變化較大，導致養液變質及影響及回收養液之再使用性。

⑽每1000㎡設施費用新台幣120～180萬元。

㈡砂栽培（Sandponics）（照片三）

1.栽培設施（圖三）



圖三　砂耕栽培之結構及配備

⑴栽培床：細目之金屬鐵網製，寬度60cm，長度7cm，長度則依實際地形而定，栽培床由鐵架承載，果菜型採用矮腳式，離地10～20cm，葉菜型採用高腳式，離地60～75cm。

⑵栽培介質：0.02～2.0mm之土壤粒子，孔隙30～40%。

⑶水壓計。

⑷進水量微電腦控制器。

⑸流量少。

⑹肥料稀釋器。

⑺電磁閥。

⑻滴灌主管及支管。

2.供液系統（圖三）

採養液滴灌不回收之方式，每一植株有一滴灌支管，當進水量微電腦控制器發出灌水指令時，各部灌水設施同時啟動，使一定量的原水流經流量計及肥料稀釋時，自動地將濃縮液調配成營養液，且經由滴灌主管及支管，使每一植株獲得相同之營養液，又多餘之營養液，則由砂層下方細目之金屬鐵網中流下，一般而言，比供液系統，2～3日施用一次灌水量為砂層飽和水量之10%左右。肥料稀釋倍數依季節及作物生育期別而定，大約在300～2000倍間。

3.栽植方式

一般葉菜類蔬菜可採用種子直播方式，番茄、胡瓜、洋香瓜等果菜類，則採用幼苗移植法，果菜類種子先在盆鉢中播種假植待幼苗長至3～4片葉子時，將幼苗連同盆鉢一起移入砂床上。

4.砂栽培之優缺點

⑴不需使用完全肥料配方。

⑵植物根圈通氣性較佳。

⑶無土壤連作障礙之困擾。

⑷無需除草。

⑸肥料、水及電力之消耗較低。

⑹由於養液不回收可減少湛水循環時病菌之蔓延。

⑺每次收獲後砂床必需薰蒸。

⑻點滴管長期使用下易阻塞。

⑼每一植株適當灌量不易維持。

⑽由於砂粒曝露於大氣中，易因陽光過強養液過度蒸發而引起砂層上方發生鹽類堆積。

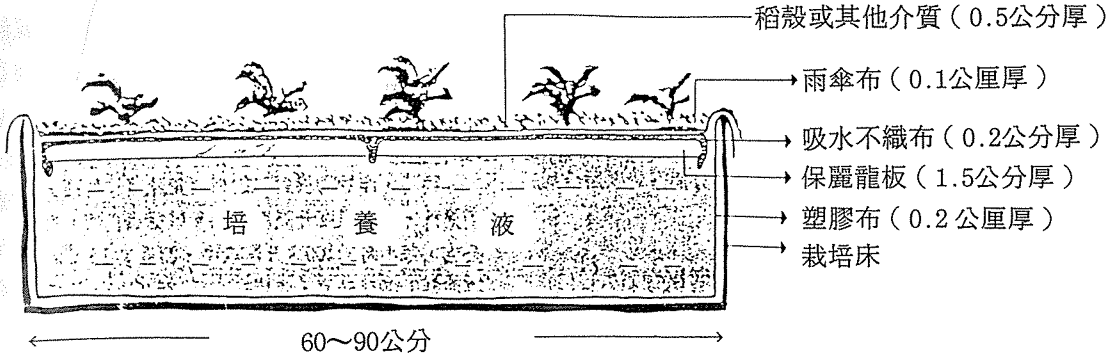
⑾每1000㎡之設施費用新台幣125萬元。

㈢鳳山浮根式水耕（照片四）

1.栽培設施（圖四）

⑴栽培床：以硬質塑膠板、FRP板、保利龍板、木板或鍍鋅鐵管架等圍成一長方體型，其寬度30～90公分，長度20～30公尺深10公分，斜度1／200。長方體內需舖一層防漏塑膠布。

⑵浮媒體：在栽培床內注入培養液後，再放入一塊保利龍板其規格1.0～3.0公分厚，寬度25～85公分（依栽培床內幅寬減少5公分）保利龍板上方再包裹一塊不織布（Spunbonded polyester）其厚度為0.2～0.5公分，舖設時必需在保利龍板的兩邊及中間處使不織布垂落在培



圖四　浮根式水耕葉菜類栽培床縱剖面圖

養液中至少3公分以上之深度。

(3)尼龍布：將0.1㎜厚的尼龍布（190線／㎠，不能塗防水油質）覆蓋在不織布上。

(4)栽培介質：稻殼或碳化稻殼，鋪設厚度0.5公分。

(5)養液槽：以鋼骨水泥製或黑色PE硬質塑膠桶，大小依栽培面積而定。

(6)抽水幫浦或肥料抽引幫浦：利用抽水幫浦配以PVC管連接抽水幫浦或栽培床，並在栽培床中裝置水位控制開關使養液自動補充，或利用肥料抽引幫浦抽取定量的原料（A液與B液）依一定比例與原水混合送入栽培床中。

2.供液系統

採用養液不循環，不回收，栽培床內養液不流通之湛水方式，當栽培床內養液低至預設之水量時，會啟動栽培床內之水位控制開關發出指令使抽水幫浦將預先配好之養液灌入各栽培床中，直至水位恢復預設之高度時，抽水幫浦即停止動作。

3.栽植方式

一般葉菜類可用直播法、撒播法或點播法直接將種子播種於濕透的尼龍布上。果菜類蔬果則採用移植法，先將種子行浸種消毒及催芽後，待種子胚根伸長0.1～1.0公分時再夾於浸濕之海綿塊（4×4×4公分）中，進行假植。俟季節溫度而定，大約假植10～14天後，即可移入栽培床上。

4.鳳山浮根式之優缺點

(1)結構簡單可自行搭建。

(2)設施費用便宜，每1000㎡僅新台幣20～30萬元。

(3)葉菜類種子採用直播法較為省工，但種子發芽率不整齊，且栽培時間較長。

(4)植株根系形成根毯，直接露在空氣中，不懼高氣溫引起溶氧量缺乏的困擾；但因介質無法固持植株，因之較易因外界之風力或人力而倒伏。

(5)由於栽培介質會吸附養液且直接露在空氣中，因之栽培過程無法避免藻類之感染。

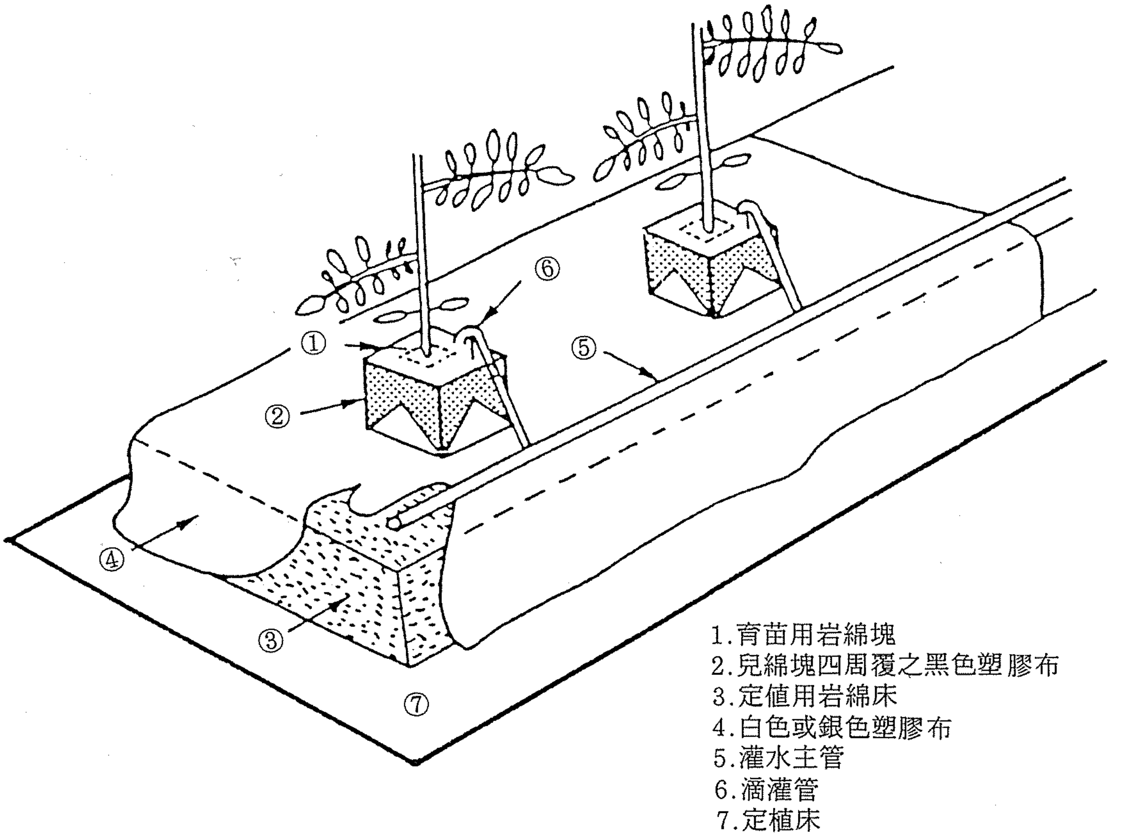
(6)由於養液不循環栽培過程根圈附近養液易變質出現油漬且無法調整養液之組成分。

(四)岩綿式水耕（照片五、六）

岩綿栽培是目前世界上果菜類蔬菜養液栽培使用最廣之栽培法，單就荷蘭而言即有2000公頃左右之岩綿栽培農場。與NFT法相比，岩綿法之裝置更輕便簡單，且養液不循環，不回收，因

之對於營養液之管理及根系病害之管理較為方便。岩綿（rock wool）為火山爆發後之火成岩（玄武岩及輝綠岩）與石灰岩（lime stone）及木栓（coke）等三種物質，以60：20：20之比例在1500～2000℃下融合擠壓而成之一種不織物，當融合後在回冷過程中並加入 樹脂，使之降低表面張力。換言之，岩綿之通氣性高具97%之孔隙率及82%之保水率，其化學組成分為pH：7.0～8.5，含$SiO_2$45 %，$Al_2O_3$15 %，CaO 11%，MgO 11%及Fe_2O_3 12%。世界上生產岩綿之商社有Grodan， Basalan，Gultielene，日東紡，新日鐵及ニチアス等六家，前三者之廠址分別在歐洲丹麥及荷蘭，後三家則為日本商社。歐洲商社之產品係使用火成岩為主要原料，因之成品較硬，而日本商社之產品則以鋼鐵廠之廢爐渣（Slag）為主，其產品較軟，效果較差。

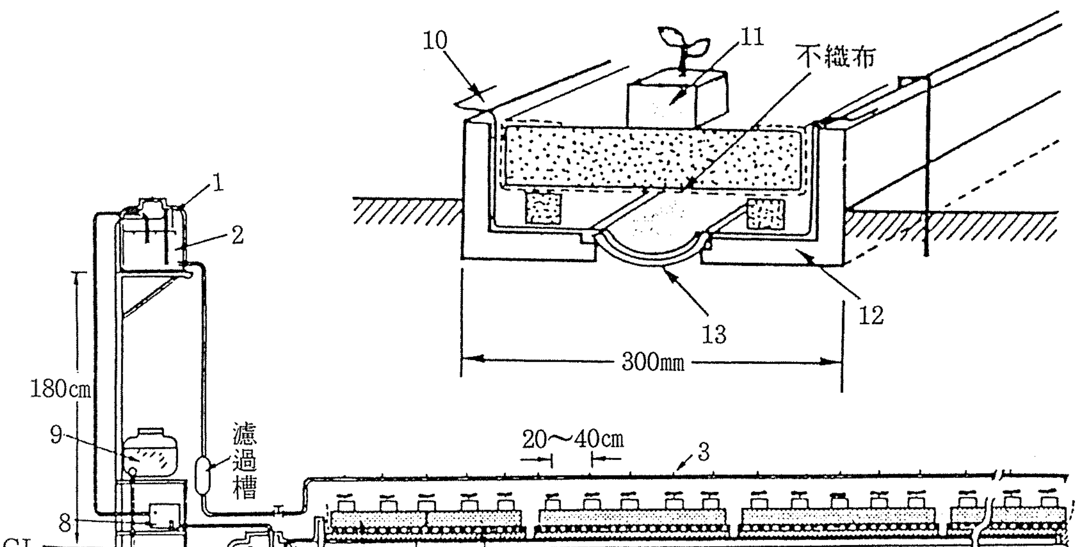
從1980年代岩綿栽培法被廣泛使用後，即有廠商推出其獨特之岩線栽培技術，例如荷蘭之Grodan、日本之涉谷式、静岡式、渡邊式、千代田式、影山式、全農式、誠和式、みかど式、高木產業式等等，但是基本上岩綿栽培法，可依(1)養液之循環回收否，(2)養液之灌液方式（滴灌、噴灌）及(3)栽培床之裝置而定。如圖五所示，為荷蘭Grodan式之岩綿栽培法的基本結構，主要有岩綿定植床。此定植床之規格之大小不一，長度90～120公分、寬度15～45公分、厚度5～10公分。而定植床之外面裝置基本上由一塊不漏水之白色或銀色塑膠布，但日本方面則先以不織布罩在定植床上，其上再覆以防漏塑膠布。又日本方面之商業化系統亦有將定植床置於保利龍栽培床



圖五 荷蘭 Grodan 式之岩綿栽培法的基本結構

內以防止養液之蒸發。在定植床上方為小岩綿塊，此岩綿塊之規格為長7.5～10公分、寬7.5～10公分、厚4～10公分，四周以黑色塑膠布圍之，此岩綿塊早期供為育苗用，待植株幼苗長至一定高度時再移至定植床上。在移植前將定植床上塑膠布切割成育苗塊之大小，以供植株定植用。至於養液之灌排方式則依廠商不同而異，荷蘭Grodan公司之系統採用滴灌法，養液不回收，每一岩綿塊上有一支滴灌管，由主管提供每一植株同量之養液。而日本方面之商業化系統，其灌液方式則分成噴灌或滴灌及養液之回收循環使用否，各有不同。

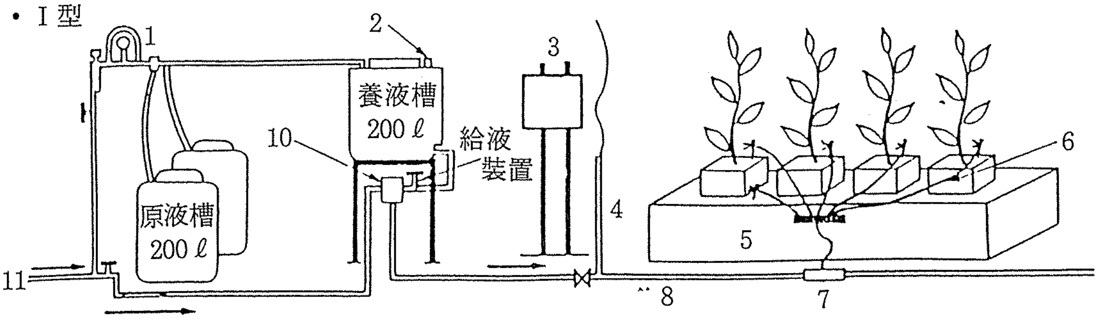
如圖六所示為日本筑波大學浴谷正夫博士設計之循環式岩綿栽培法，岩綿栽培床的高度10～20公分，在栽培床的底部舖設一層塑膠布，中央設置排水管為防止岩綿床過濕，以5公分的岩綿塊墊高岩綿床，岩綿床規格為寬30公分、長90公分、高7.5～10公分的成型岩綿排列而成。給液方式為由高度1.8公尺的高架給液槽供給而連結於各岩綿塊之給液槽，其上固定間隔有噴水孔，每一孔以30毫升／分的噴水量供液，而多餘的養液則流至回流液槽。給液槽為2個200公升容量之濃縮液給液槽及一個500公升的混液槽，並有自動稀釋裝置，可依回流槽的水位變化自動抽回流槽內養液至高架給液槽，並自動補充養液。圖七上及下為日本全國農協所開發之Ⅰ、Ⅱ型之岩綿栽培系統為養液不循環不回收系統之代表。Ⅰ型之灌液系統為藉由滴灌管直接播在小岩綿塊上，每日定時供給於植株一定量之養液。Ⅱ型之灌液系統則改用雙層管壁（twin wall）塑膠噴灌用軟管，每日定時定量地給於植株相當的養液，至於多餘的養液則不另設養液槽回收之。圖八之誠和式岩綿系統可歸類為循環式與點滴式之中間型，其多餘的養液可再循環使用，也可以廢棄處理



1.水位控制器
2.給液槽
3.噴頭管
4.排水管
5.養液回流槽
6.沈水幫浦
7.浮球開關
8.控制盤
9.混液槽
10.黑色塑膠布
11.育苗用岩綿塊
12.保利龍
13.集水管

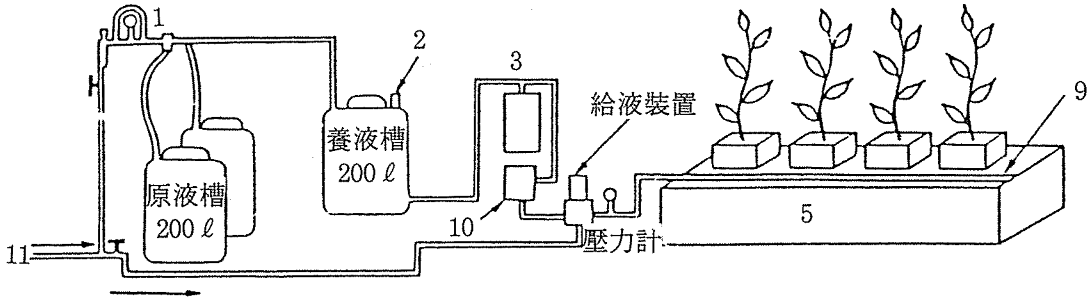
圖六　涉谷循環式岩綿栽培系統之結構其規格

• I 型



1.真空幫浦
2.浮球開關
3.控制盤
4.通氣管
5.定植用岩綿栽培床
6.滴灌管
7.多層接頭
8.灌液管
9.雙壁塑膠管
10.排水幫浦
11.水源

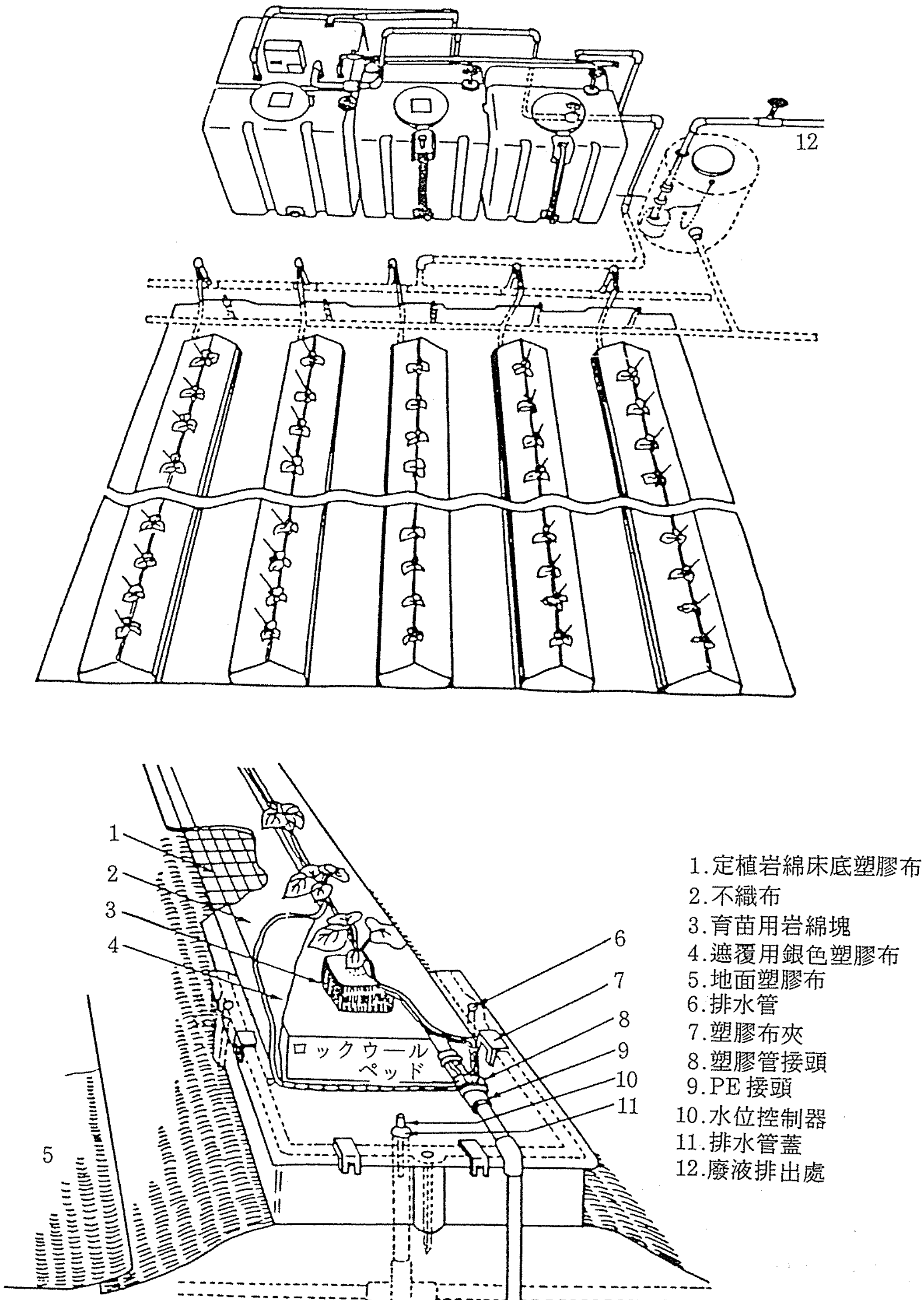
• II 型



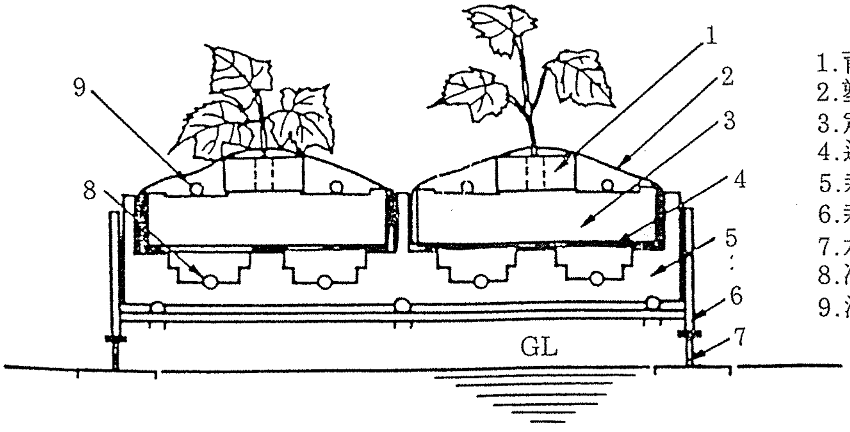
圖七 日本全國農協開發之 I 、 II 型岩綿栽培系統

。由於作物的根系無法穿透栽培床之包裹，因此在岩綿床下設一氣墊，以確保對根系的供氧量及行水位之調節；誠和式岩綿灌液法採用滴灌方式給液，當養液流至底部，可由排水控制管調節水位，多餘的養液再由包覆岩綿床之塑膠布下方耳狀突出處流至氣墊下方，由排水管排出，至於排出的養液則流回排液槽再循環使用或廢棄。

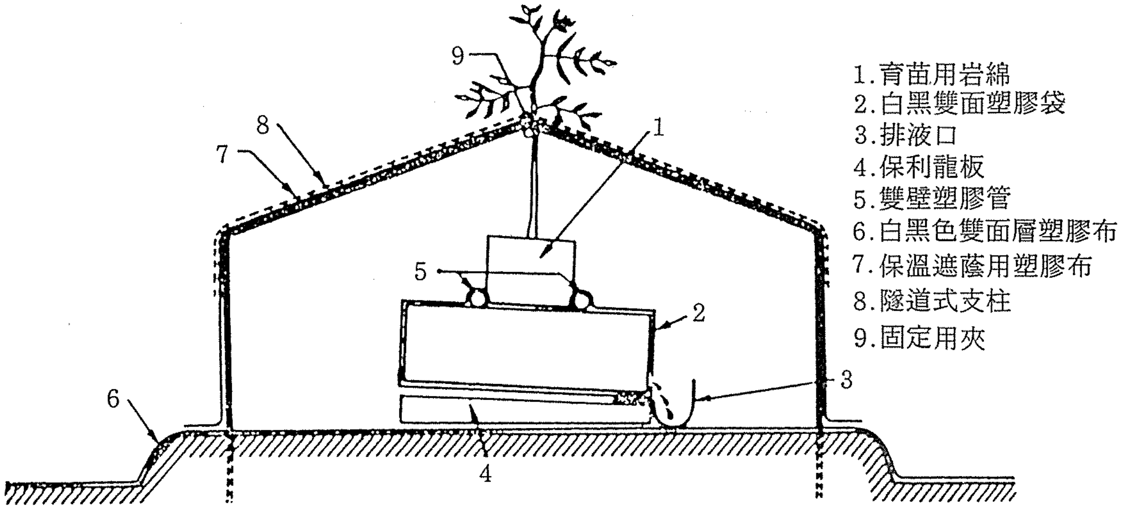
圖九為PLOBAR-W式栽培床的模式，此種栽培法為岩綿栽培與NFT兼用栽培技術。岩綿栽培床上設置二列滴灌管，可將岩綿床均一地灌液，多餘的養液經透水紙流入傾斜的溝中排出。NFT栽培時以定時器間歇給液，供液時四條溝中同時以1.6～2.0公分的水量流灌而根系的供氧方式則由上位根系直接曝露於空氣中。岩綿栽培時的點滴液及NFT的養液循環均由定時器自動控制。養液的加溫冷卻利用設置在栽培床溝中的塑膠管，以熱水或冷水流通方式。NFT栽培時，可於貯液槽內放入加溫管直接加熱之。圖十為日本協和種苗式岩綿栽培法，其特徵岩綿床放斜，灌液方式採用雙層管壁塑膠管噴灌方式，多餘的養液由排液管排出，廢棄之而不回收利用，再者此系統利用外加之保溫遮蔭用，塑膠布套將岩綿床罩之，如此可減少養液與根系受外界大氣環境之干擾。


12
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
ロックウール
ペッド
1.定植岩綿床底塑膠布
2.不織布
3.育苗用岩綿塊
4.遮覆用銀色塑膠布
5.地面塑膠布
6.排水管
7.塑膠布夾
8.塑膠管接頭
9.PE 接頭
10.水位控制器
11.排水管蓋
12.廢液排出處

圖八　誠和式岩綿系統



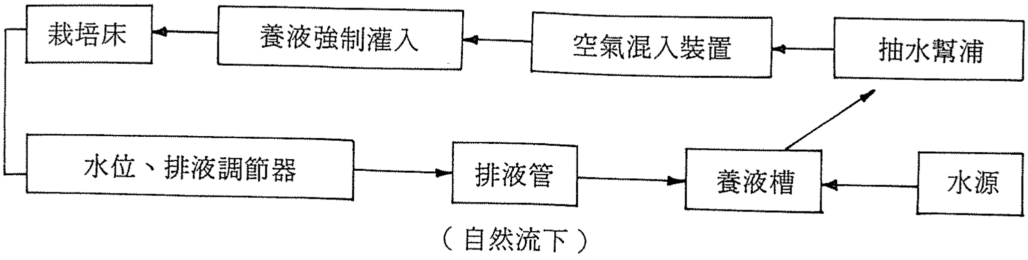
圖九 PLOBAR-W 式岩綿 NFT 兼用栽培系統及規格



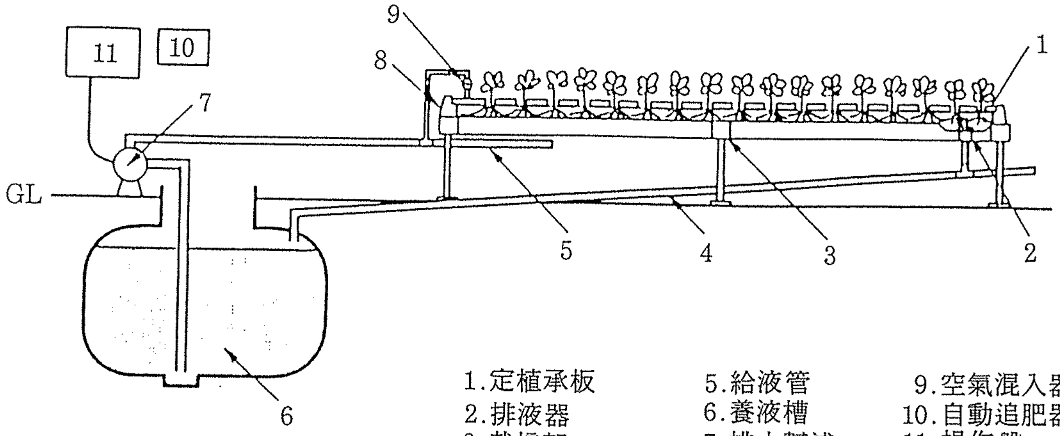
圖十 協和種苗式岩綿系統及其規格

(五)協和水氣耕ハイポニカ（照片七）

民國七十四年三月在日本筑波開辦之萬國博覽會中，一株號稱可長12,000個果實之水耕番茄樹震驚了世界此栽培技術即為協和株式會社開發之"協和水氣耕ハイポニカ"的栽培技術。本系統之特徵為栽培槽之循環系統各自獨立，栽培槽之資材為ABS樹脂，優點為耐熱、耐衝擊，其規格為長3.64公尺×寬0.65公尺×深0.07公尺，栽培果菜（果菜D型）時，每57公尺×18公尺設施內裝置120槽，若栽培葉菜時（葉菜I型），則每45公尺×18公尺設施內裝置160槽。唯不論果菜D型或葉菜I型，其灌排液系統均如下圖所示：

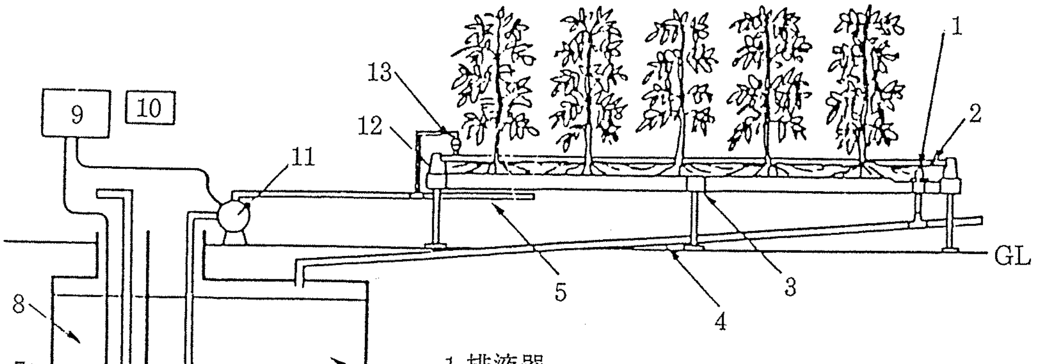


栽培時，果菜D型栽培槽上方之承板資材為保利龍，其內有14個四方型之栽培穴，供移植時塑膠栽培鉢固定用。葉菜I型栽培槽上方為保利龍承板，此承板浮於養液上，以下圖十一、十二就此兩系統之構造以圖示分別說明之：



1.定植承板　2.排液器　3.栽培架　4.排液管　5.給液管　6.養液槽　7.排水幫浦　8.栽培床　9.空氣混入器　10.自動追肥器　11.操作盤

圖十一　協合式葉菜 I 型系統及其配備

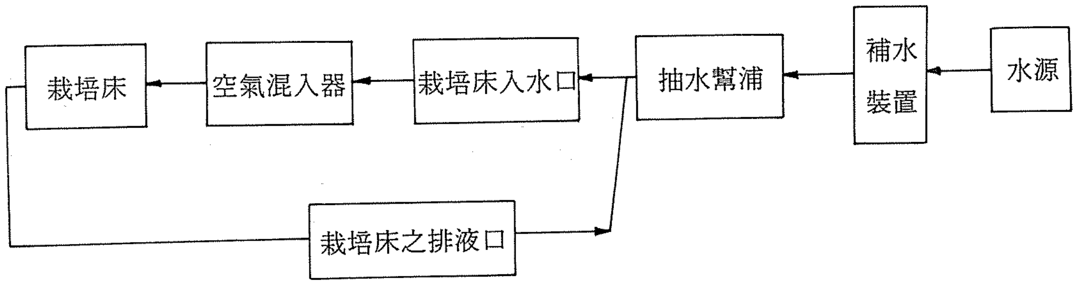


1.排液器　2.水面　3.栽培架　4.排液管　5.給液管　6.養液槽　7.育苗用養液槽　8.育苗用抽水幫浦　9.給液及液溫控制盤　10.自動追肥裝置　11.抽水幫浦　12.栽培床　13.空氣混入器

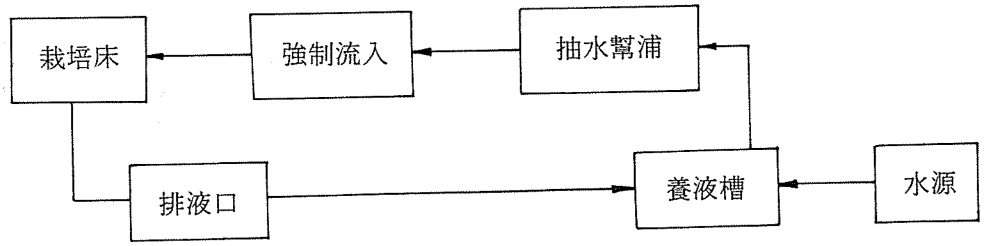
圖十二　協合式果菜D型系統及其配備

(六)M式水耕（照片八）

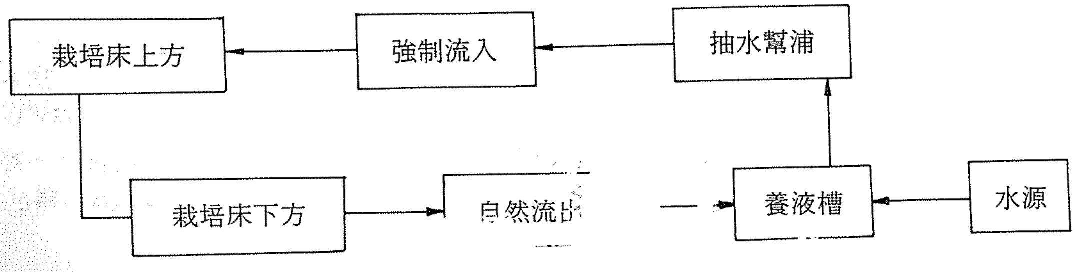
M式水耕研究所為日本3大水耕廠商之一，該系統由1967年開發推廣以來，廣泛地被利用於鴨兒芹、日本芹等軟弱蔬菜之栽培。改良型之M式水耕系統分成GFMえむ型及1983年開發之MFTさか型兩種，前者適合於栽種一般軟弱蔬菜，後者則專供番茄、胡瓜、洋香瓜等之果菜栽培用。M式水耕之栽培床資材為隔熱保溫性極佳之保利龍，基本長度為1.2公尺，寬度在果菜型為60公分，葉菜型為120公分。栽培床上方栽培承板之厚度為3公分，長度為90公分，寬度為60公分，至於栽培床則依作物別而定分成果菜型4穴及葉菜型之49.64及120穴。葉菜型M式水耕栽培床通常安置於地平面上，而不以鐵架置於地面上，以減少構築成本。而果菜型則以30公分高之鐵製台架將栽培床架高。M式水耕之養液灌排系統略有不同，在葉菜型沒有養液槽，各栽培床底有一排液器連接至抽水幫浦，利用幫浦之啟動，將養液再抽回栽培槽中，其養液流程如下：



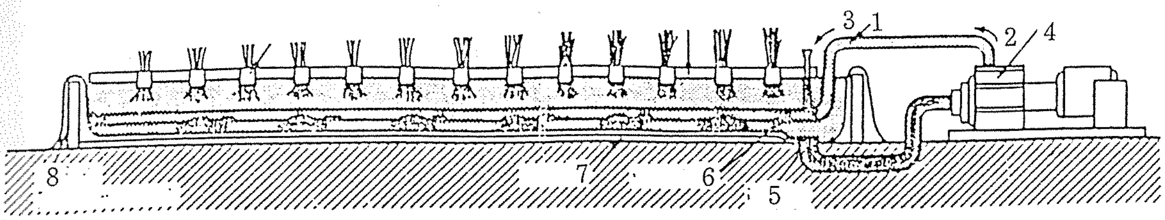
但在果菜型則外加有一養液槽，抽水幫浦將養液槽之養液抽出，強制灌入各條栽培床中，藉由栽培床之斜度將養液趕至栽培床低處之排液口，再流回養液槽中，其養液之流程如下：



M式水耕研究所由於受到英國NFT水耕系統觀念之影響，從1969年開發之GFMえむ型葉菜水耕系統以來，至1983年時又開發新的系統名之MFTさか型水耕系統，供為果菜栽種之用。最近該研究所又推出GFMレき型葉菜水耕系統，此型之養液灌排流程如下：

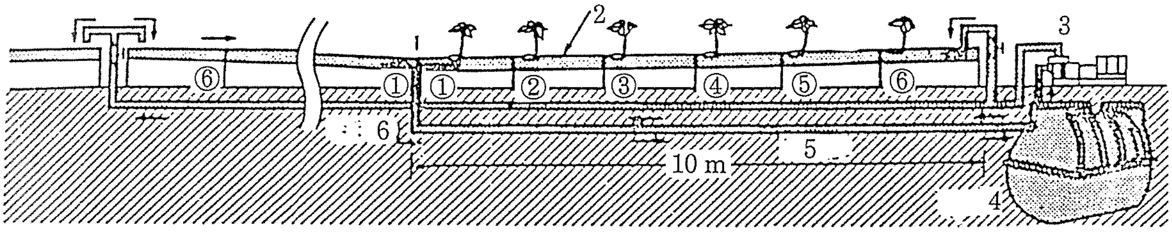


圖十三、十四、十五爲M式水耕研究所歷年來開發之三系統之圖示。



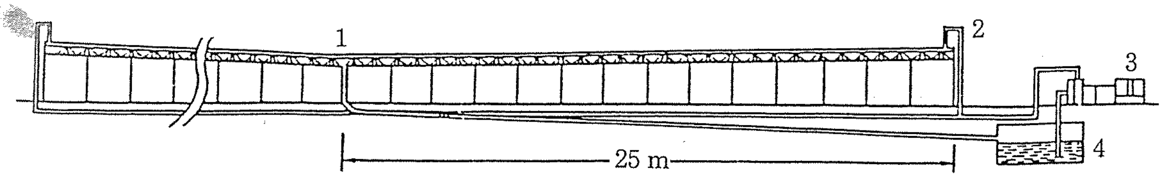
1.海綿　2.栽承板　3.PVC管　4.抽水幫浦　5.入水口　6.噴水口　7.栽培床　8.防漏塑膠布

圖十三　M式 GFM えむ型之水耕系統及其配備



1.排水口　2.果菜用栽培承板　3.抽水幫浦　4.養液槽　5.排水口　6.給水管

圖十四　M式 MFT さか型之水耕系統及其配備

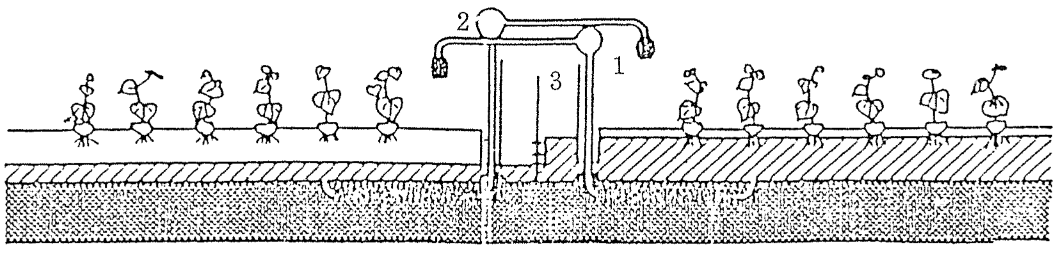


1.排水口　2.給液管　3.抽水幫浦　4.養液槽

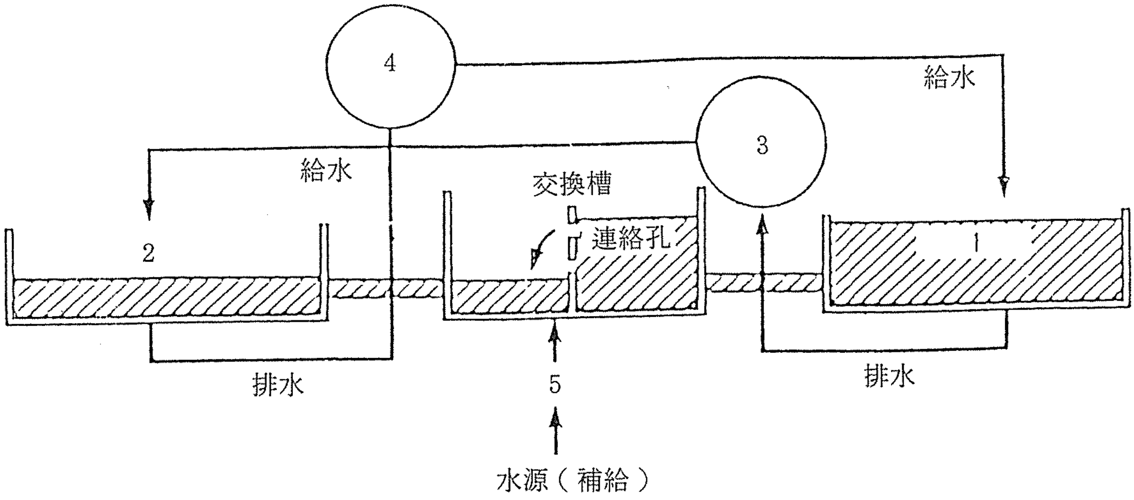
圖十五　M式 GFM しき型之水耕系統及其配備

㈦新和等量交換式水耕（照片九）

新和等量交換式水耕是1970年日本新和塑膠公司開發之水耕系統，基本上此系統為湛水循環式，無養液槽。如圖十六、十七所示，將栽培槽置於左右兩側，藉由中央之交換槽不但可維持左右各栽培床中養液、水平之一致性，而且外在水源可隨時流入交換槽，藉以維持各栽培床之最低水位。再者，在左右兩列栽培床中，安裝有2台抽水幫浦（如圖十六所示）每小時初A栽培床之養液藉由抽水幫浦“1”之動作將養液抽入栽培床B中，待B床水位昇至最高時，B邊之交換槽中有一浮球開關即將抽水幫浦“1”關住；至每小時之第31分時，抽水幫浦“2”開始啟動，將B栽培床之養液抽回A床俟A邊之交換槽之浮球開關啟動時又將抽水幫浦“2”關住。至於2個抽水幫浦之啟動係由一組微電腦定時控制器來操作，此控制器可調節1～2小時內重複抽水1～2次及調節每星期操作0～7天。



圖十六　新和等量交換式水耕系統及其配備



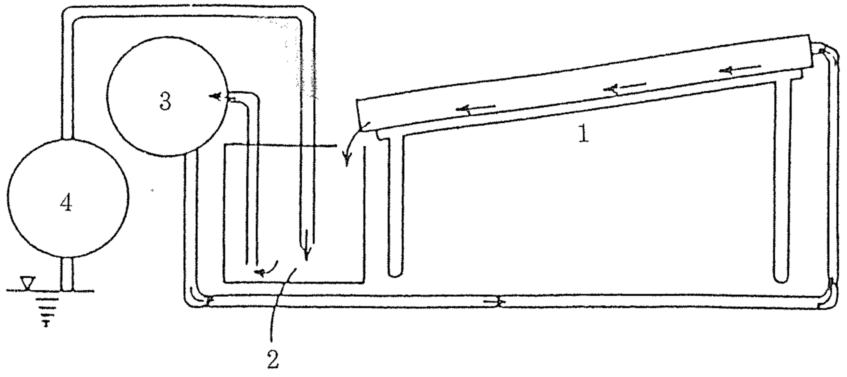
圖十七　新和等量交換式水耕系統之灌排系統及交換槽

新和等量交換式之栽培床資材為保利龍製，分成U型灌水溝、中間隔板、斷熱板及栽培用承板4種，其規格依果菜及葉菜型而異。

㈧NFT栽培法（照片十）

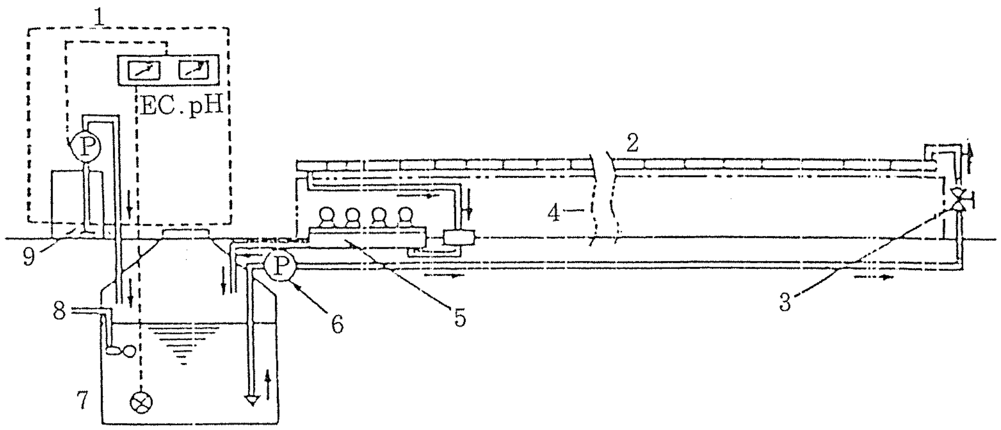
NFT（nutrient film technique）栽培法譯名為營養薄膜法於1966年由英國溫室研究所之古柏博士開發成功。在基本上NFT之結構如圖十八所示，將植物種在一具斜坡之栽培床內，利用抽水幫浦不斷地將養液打入栽培床中，由於養液在栽培床中之深度僅1～3公分間，故稱之營養薄膜。古柏博士當初所採用之栽培床為利用不漏水之PE塑膠布，將之折成角錐型，營養液由栽培床上方流入，植株根部則以塑膠夾固定在塑膠布內。本系統之優點為造價便宜，可自行搭建，營養液之濃度、溶氧量及溫度可人為調控，而主要缺點為栽培床斜度不易製作，若不能保持80：1至100：1，則營養液流速太快易失去平衡；又需自備發電機，否則一旦停電植株枯萎。

歐美方面農家使用NFT栽培蔬果時，大致上以自行搭建為主，所用資材以現地取材為主。然而，日本方面卻有幾家廠商將之開發成品，例如前述之M式水耕研究所之さカ型及レき型，其他型式如サンスイ式、みかどNFT式及シ-アイSS式，其結構如圖十九、二十、廿一所示。



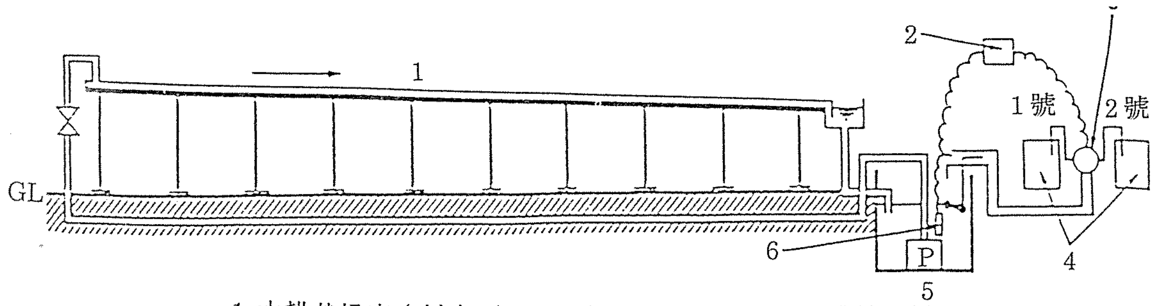
1.栽培床　2.養液槽　3.養液抽水幫浦　4.水源抽水幫浦

圖十八　NFT 法之基本結構及配備



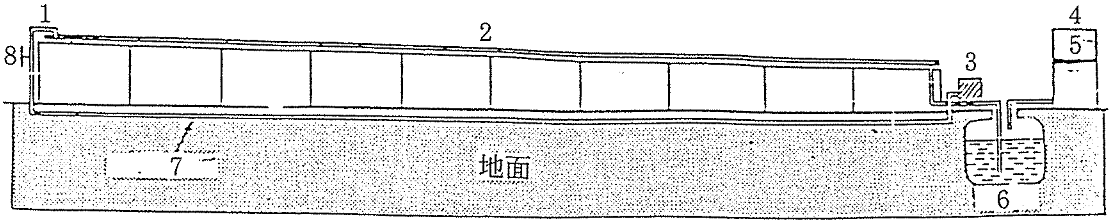
1.EC及pH控制盤　4.過濾器　7.養液槽
2.水耕床　5.殺菌裝置　8.水源
3.水閥　6.抽水幫浦　9.濃縮肥料

圖十九　サンスイ水耕基本結構及其配備



1.水耕栽培床（斜度1/ 80～1/ 100）　4.濃縮肥料
2.EC計　5.養液槽
3.定量幫浦　6.EC感應器

圖二十　みかど NFT 法之基本結構及其配備



1.灌液管
2.栽培床（斜度1.5%）
3.抽水幫浦
4.自動給液裝置
5.液體肥料
6.養液槽
7.PVC進液管
8.水閥

圖廿一　シーア SS 水耕基本結構及其配備

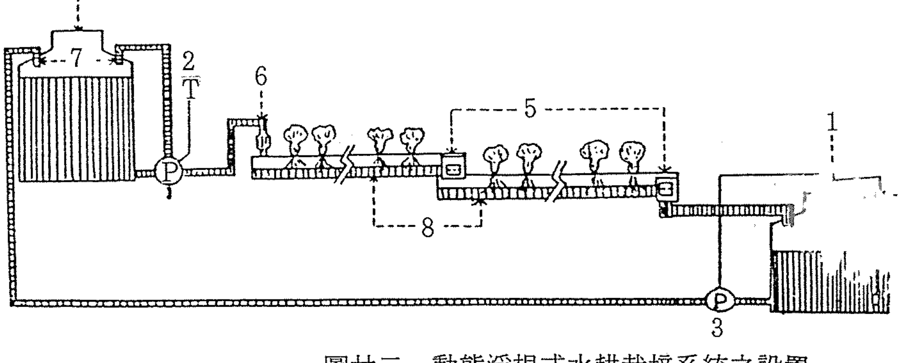
(九)動態浮根式水耕（照片十一）

台中區農業改良場針對熱帶地區終年氣溫高達28～35℃間，導致水溫隨之昇高而造成養液中溶氧量低下，栽種作物生育不良之弊端，於民國七十五年開發一套適合熱帶地區栽培水耕栽培系統，名之"動態浮根式"。所謂動態浮根式水耕栽培系統，係基於植物栽種於本系統時其根系在每次營養液之灌排流程中，隨養液之昇降而上下左右波動，且一旦栽培床灌滿8公分之水位後，藉由栽培床內之水位昇降排液器，可使養液由8公分逐漸降至4公分；因之，上位根部可因露於空氣層中而增加根部性，而無懼夏季高溫所引起溶氧量低下之困擾。再者，本省每年8～10月間常有颱風之侵襲，因之，該場於民國七十七年間進一步開發一套組合式抗風型矮架水耕溫室（照片十二），配合原先之動態浮根式水耕系統，使得本省之水耕栽培事業邁向週年生產性、工廠化之境界，從此不再畏懼外界天候之干擾。茲將此系統之各種設施簡述如下：

1.栽培架及網室（照片十三）

以3／4″ φ鍍鋅鐵管為骨架，1／2″ φ鍍鋅鐵管為支架，並配合台中區農業改良場自行開發之三種套管（照片十四），而搭建一寬2.1公尺，中心最高工作點1.8公尺，床架高度60公分，長度14.4公尺之矮架網室。屋頂部覆以0.2㎜之PVC透明塑膠布，兩邊長度垂至床緣，為活動式，平時掀起以利通風，下雨時拉下可防雨。颱風來臨時，另將塑膠布以塑膠拌帶固定之。網室四周則以24目之白色尼龍紗網圍住，以防蟲害。於夏季氣溫超過30℃時，可於屋頂塑膠布上加覆40%之PE黑色遮蔭網以為降溫。

2.栽培設施（圖廿二）



1.養液槽
2.定時器
3.抽水幫浦
4.浮球式水位控制
5.排液器
6.空氣混入器
7.迴流曝氣裝置
8.利龍栽培床

圖廿二　動態浮根式水耕栽培系統之設置

(1)栽培床

葉菜型之水耕栽培床係以保利龍為資材之發泡成型的雙凹型槽，標準栽培床規格為內徑深8公分，長180公分，寬92公分，中央有2公分寬之凸起，將栽培床分隔成兩槽即呈凹型。由於蔬菜栽培床為大型床，中央之凸起具有支持保利龍面板之功用。每一栽培床用3片長90公分，寬60公分，厚3公分之承板蓋住，每一承板上有等距離排列50個直徑2.2～2.6公分之圓形栽培孔。

(2)防漏塑膠布

構築栽培床時係依地形之長短，而以基本栽培床連接之，為避免漏水及著生藻類，栽培床內緣罩以0.15～0.2㎜之PE黑色塑膠布。

(3)空氣混入器

在每條栽培床前均裝置2個空氣混入器，當養液流入栽培床時，必需先經過此空氣混入器。由於空氣混入器之下方凸出處，裡面裝有2組十字型重疊塑膠閘門，一旦養液流經此處時會產生8條水流而沖出，再者凸出處上方開有2個0.1㎜直徑之圓洞，在養液流經時可將外界空氣隨之吸入而混入養液中。

(4)排液器

排液器固定於每一栽培床末端，為一圓形雙環塑膠閘門，外環固定的高度為8公分，基部圓周有2個圓形孔洞以流水，內環則由4個長度分別為3、2、2、1公分之套環所連接，可調節水位高低限組合為0～8公分，栽培床上之水位高低則完全視此內環之高低而定。

一般操作時內環之高度為4公分，栽培床內之養液可經由外環之圓洞，進入內環塑膠管而流回養液槽[illegible]培床內水位高於8公分時，養液會因淹過外圍塑膠管上方，直接進入內環管而流回養液槽[illegible]裝置養液昇降排液器之優點為每次灌液至下一次灌液時，栽培床內水位維持在8～4公分間。

(5)養液槽

以1,000㎡栽培面積為例，需於栽培床進液處之上方配置一個容量為10噸黑色PE硬質塑膠桶，而在栽培床後下方排液處之地下有一容量1.0公噸之同質塑膠桶。在小塑膠桶中裝設有控制水位之浮球開關，其作用為允許栽培床流回小養液槽之養液滿至850～950公升時，則其旁之抽水幫浦立即啟動，將養液抽回栽培床前方之大塑膠桶。

(6)抽水幫浦

以1,000㎡之栽培面積為例，在栽培床後方與1.0公噸小塑膠桶連接之抽水幫浦的規格為1.0馬力之高速馬達，轉速為3,400rpm。而在栽培床前方與大塑膠桶連接之抽水幫浦的規格為0.5～1馬力之高速馬達，每分鐘轉速至少為3,400rpm。

(7)定時器

作為控制栽培床前方抽水幫浦之定時操作用，其規格為24小時循環式，每一動作時間為15分鐘或更短。盛夏時從上午10時至下午16時間，每二小時動作一次，每次15～30分，至夜間12時再動作30分鐘，若春[illegible]冬季時，則中午12時及下午12時各動作一次，每次30分鐘。

(8)迴流曝氣裝置

於栽培床前方之大養液槽上，當後方抽水幫浦打入養液時，其入口處加裝一個蓮噴頭，使養液成噴水狀進入大養液槽，且在前方大養液槽之抽水幫浦處加裝一條管路，一旦馬達啟動時允許

部分養液再迴流至大養液槽中，因之在其入水口處亦加裝一個蓮噴頭，如此可增加36%之溶氧量。

3.供液系統（圖廿二）

採用養液循環，回收再使用之方式，養液由栽培床前之高架養液槽24小時不斷地流入栽培床中，另外盛夏之際，每日10～16時間，由定時器啟動抽水幫浦將養液灌入栽培床，以加速栽培床中養液之流動。待養液流至栽培床尾之地下養液槽時，一旦達滿水位後，槽中之水位控制器會啟動另一抽水幫浦，將養液再打入高架養液槽中。

4.栽植方式

不論葉菜類或果菜類均採用移植法，進行動態浮根式水耕栽培技術，首先需將種子播種於中間有十字型切割之海綿塊中，每塊之基本規格為2.5×2.5×3.0公分，但市售成品已將96小塊海綿互相接連。一般葉菜類不需先行催芽、浸種之處理，可直接播種。播種是將種子點播於小海綿中心之十字切割處。依種子之大小而定，大種子播至海綿之1／2深處，小種子僅需1／3深處，每塊海綿播2～3粒種子。冬季蔬菜如菠菜、芹菜、鴨兒芹等種子，播種時要置於10℃之低溫下冷催，以促進發芽，當苗生長至本葉2～3片時，可移植至栽培床中栽培，移植時只要將小海綿輕輕剝開就可剝離，再一塊塊植入栽培穴中。

5.動態浮根式之優缺點

(1)抗風性佳，不懼颱風之侵襲。

(2)結構簡單可自行搭建。

(3)可立體化栽培（照片十五）

(4)一次採收栽培過程無需病蟲害防治。

(5)工廠化經營，每日定量出貨，收入穩定。

(6)溶氧量高，不懼夏季高溫。

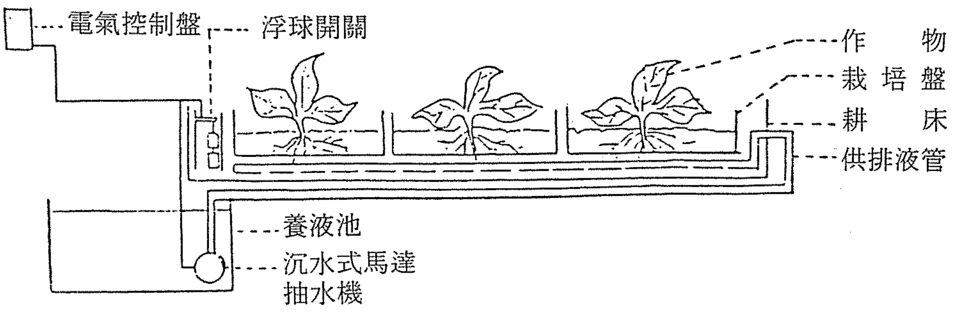
(7)產量高兼具週年生產性。

(8)構築費用較高，每1000㎡需60～70萬元。

(十)升降式水耕（照片十六）

本栽培法為桃園農工呂校長理福與呂理組老師在台中高農服務時，所開發之水耕系統，升降式水耕法的重要特點是，養液的供應採取間歇式的液面升降，使根群在液面降下時充分獲得氧氣的供應，而在根群未乾之前液面又上昇以獲得養液的滋潤，可避免裝置其他供氣設備。

1.栽培設施（圖廿三）



圖廿三　升降式水耕栽培裝置

(1)栽培床：以木板、磚或水泥柱等做框，襯以紅泥布則可，規格為寬約95公分、長不要超過30公尺。

(2)栽培盤：可訂製，本物採用市售的塑膠質曬物盤，其規格為90×90×6cm，根可由盤孔下伸。

(3)養液槽：儲存養液，其大小視栽培床之總體積而定。

(4)抽水機及配管。

(5)自動灌溉裝置。

(6)播種杯。

2.供液系統（圖廿三）

升降式水耕系統之供液系統係採用養液循環，回收及再利用之方式，栽培床上之養液與地下水槽之養液藉由供排液管相通，當定時器發出啟動電力之指令時，地下水槽中之沈水馬達即將養液抽入栽培床內，待定時器再發出關閉電力之指令時，栽培床內之養液即由供排液管之小洞中再迴流至地下水槽。至於供液次數之調節則視當季之氣象情況及作物之生長情形可靈活調節養液之供應次數（即液面昇降之次數），在一般情況下，每天供液三次，供液時間15分鐘。而栽培床中水位之控制則應隨作物之生長而逐漸調低。

3.栽植方式

(1)播種：先將經處理好的蛇木屑置於播種杯或栽培盤中。果菜類可利用播種杯或岩綿播種；葉菜類則可直接撒播於栽培盤中，播後應覆蓋。

(2)移植：將適齡的幼苗連同播種杯（或岩綿）移入於栽培盤中，再把栽培盤置於栽培床中（如為直接撒播於栽培盤中則不需移植）。

4.升降式水耕之優缺點

(1)結構簡單可自行構築。

(2)根系生長清況良好。

(3)養液落差小，回流慢，供排液管會阻塞。

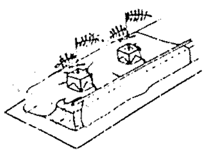
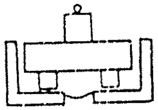
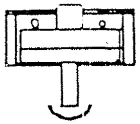
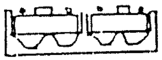
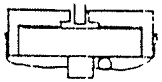
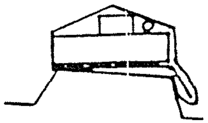
(4)養液曝露在外，易生青苔。

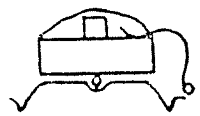
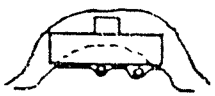
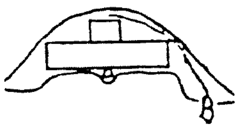
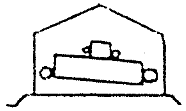
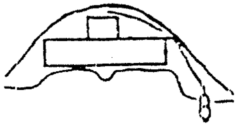
五、結　　論

本省位屬亞熱帶，每年5～10月間之高溫及颱風豪雨的侵襲，再加上十二月至隔年三月間低氣溫的困擾均係先天上不利於發展養液栽培的限制因子。在後天上，在熱帶地區若想發展養液栽培則其溫室硬體設施方面，又需注重其通風性、降溫性、抗颱風性及防蟲性。而在其栽培設施方面，則特別需考慮到栽培床資材之隔熱保溫性，養液中溶氧量之多寡，養液之日常管理的方便性及栽培操作能如工廠地一貫化，使栽培者在採購各種零組件後可自行搭建栽種之。

綜合上述國內外諸多養液栽培系統之特徵，將之歸納如表二、表三所示。換言之，要評估一個養栽培系統之優劣性，則其評分要訣之先後次序如下：(1)栽培床上之資材是否具有隔熱保溫性，(2)養液組成分之變異頻度之大小，(3)養液物理之變異頻度之大小，(4)養液槽之有無，即養液循環回收否，(5)養液組成分之調控系統，(6)作物之栽植方式（移植或直播），(7)適栽作物之種類（果菜、葉菜），(8)是否具週年栽作性，即年累作次數之多寡，(9)栽培資材之重複使用之耐用年限，(10)栽培設施成本及（11）經濟效益。

表二　各種岩綿栽培系統之特性

型　　式	灌排液方式	栽培床資材	栽培床形狀	養液管理	價　格 萬元/ 1000㎡	特　徵	適栽作物
Grodan	點滴灌不回收	塑膠布包覆岩綿板		pH、EC採微電腦稀釋	30-40養液微控系統（20-30）20-30萬元	養液不回收無養液槽可自行設置	果　菜
涉谷式	養液槽與栽培床間循環	岩綿板		養液槽內自動調節	30-40養液微控系統（20）	容易構築	果　菜
靜岡型	養液槽與栽培床間循環	岩綿板		水量比例 EC自動調節 EC/ pH監控	60-70	可調節水分 施工容易	果　菜
PLOBAR-W	養液槽與栽培床間循環	岩綿板		養液槽內 EC/ pH 自動調節	80-90	兼用NFT	結球性葉菜及果菜兼用
千代田式	養液槽與栽培床間循環	岩綿板		養液槽內 EC/ pH 自動調節	100-110	流水及滴灌兼用可利用入射日照量控制	果　菜
誠和式	滴灌，多餘水可排出及循環	岩綿板		養液槽內 EC/ pH 自動調節	50-60	強制排水滴灌及循環兼用	果　菜

型式	灌排液方式	栽培床資材	栽培床形狀	養液管理	價格 萬元/1000m²	特徵	適栽作物
全農Ⅰ、Ⅱ型	栽培床內點滴灌多餘水排出	岩綿板		溶量比例 EC自動調節	50	Ⅰ型採用雙層管滴灌 Ⅱ型採用點滴灌	果菜
大洋 Air-Rich	栽培床內點滴灌多餘水排出	不織布及岩綿板		溶量比例 EC自動調節	32-35	養液槽內液液面控制	果菜
カネコ岩綿式	栽培床內點滴灌多餘水排出	塑膠布包覆岩綿板		溶量比例 EC自動調節	50	養液槽及利用日射量控制液量	葉菜
和綿式	栽培床內點滴灌多餘水排出	塑膠布包覆岩綿板		溶量比例 EC自動調節	42-44	栽培床內溫風加溫方式	葉菜
愛知經濟連型	栽培床內點滴灌多餘水排出	塑膠布包覆岩綿板		溶量比例 EC自動調節	21-25	養液槽及利用日射量控制液量	葉菜
みかど岩綿式	栽培床內點滴灌多餘水排出	塑膠布包覆岩綿板		溶量比例 EC自動調節	45	養液槽及細粒綿	葉菜
高木產業	栽培床內點滴灌多餘水排出	塑膠布包覆岩綿板		溶量比例 EC自動調節	65	電腦及利用日射量控制液量	葉菜

表三 各型水耕栽培系統之特性

型式	灌排液方式	根系之氧氣來源	固持植物之介質	養液規格	養液管理	栽培床資材	價格 萬元/ 1000㎡	特徵	適栽作物
M 式	栽培床內循環	送液中曝氣	海綿及保利龍承板	無	pH 及 EC 儀自動控制	保利龍成型	230	利用送液過程同時吸入氧氣無養液槽	葉菜
さか式	薄膜循環	大氣	海綿及保利龍承板	有（3公噸/1000㎡）	pH 及 EC 儀自動控制	保利龍成型	125	施工容易	葉菜
しりミ	薄膜段流循環	大氣	海綿及保利龍承板	有（8-10公噸/1000㎡）	微電腦自動控制	保利龍成型	175-240	段流流水栽培床可移動	果菜
ハイポニカ	養液槽與栽培床互相循環	送液中曝氣	塑膠承籃及石礫	有（30公噸/1000㎡）	pH 及 EC 儀自動控制	ABS 樹脂成型	230-280	特殊曝氣裝置	果菜
神園式	養液槽與栽培床互相循環	給液管及養液面低下時曝氣	塑膠承籃海綿及保利龍承板	有（25公噸/1000㎡）	pH 及 EC 儀手動	泥框及 PE 樹脂床	110	設施結構簡單可自行搭建	果菜
新和等量交換式	栽培床間交換	液面低下時曝氣	海綿及保利龍承板	無	pH 及 EC 儀手動	保利龍成型	80-110	無養液槽及液面上下波動	葉菜
みかど NFT	薄膜循環	大氣	海綿及保利龍承板	有（4-10公噸/1000㎡）	pH 及 ECE 儀自動控制	波浪鐵板成型	60-110	施工容易可之體栽培	葉菜及草莓

型式	灌排液方式	根系之氧氣來源	固持植物之介質	養液規格	養液管理	栽培床資材	價格 萬元/ 1000㎡	特徵	適栽作物
サンスイ NFT	薄膜循環	大氣	海綿及保利龍承板	有（3公噸/ 1000㎡）制	pH及EC儀自動控	保利龍成型	70-110	紫外線殺菌，水流均一	葉菜
SPS式	間歇噴霧循環	礫中空氣	石礫	有（10公噸/ 1000㎡）	pH及EC儀手動	保利龍成型	150-180	多孔質，礫石有良好通氣及保水性，噴務	果菜
Sand-ponics	滴灌	砂中空氣	砂及紙籃	無	pH及EC儀自動控制	鐵網及鐵架	180	液肥自動混入	果菜及結球性葉菜
SS水耕	薄膜循環	大氣	海綿及保利龍承板	有（3-10公噸/ 1000㎡）	pH及EC儀自動控制	塑膠製凹凸成型	120	SS塑膠布，流水均一	葉菜
鳳山浮根式	自動加液不循環	浮根	稻殼	無	無	塑膠布及鐵框	20-30	構築費用便宜	空心菜，果菜
動態浮根式	栽培床與上下養液槽間循環	氣根涘液中曝氣及液面低下曝氣	海綿及保利龍承板	有2個30公噸/ 1000㎡	pH及EC儀手動	保利龍成型	60-70	根系活力強，適合熱帶地區	葉菜及果菜

照片一 傳統之礫耕栽種黃秋葵之盛姿

照片二 PE黑色塑膠布內盛椰子纖維之點滴灌溉栽種香茄之設施

照片三 砂栽培係統栽種半結球萵苣（生菜）之盛姿

照片四 鳳山浮根式系統栽種空心菜之盛姿

照片五 日本式岩綿栽培系統種植洋香瓜之盛姿

照片六 荷蘭 Grodan 式岩綿栽培系統種植胡瓜之盛姿

照片七 協和水氣根式系統栽種鴨兒芹之盛姿

照片八 M式系統栽種鴨兒芹之盛姿

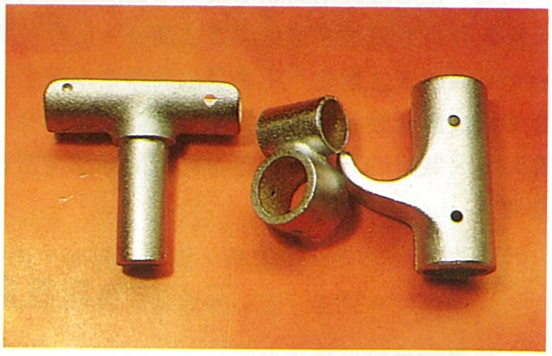
照片九　新和等量交換式系統栽種鴨兒芹之盛姿

照片十　美國 Agri-NFT 系統栽種半結球萵苣之盛姿

照片十一　台中場場動態浮根式系統栽種葉菜類蔬菜之盛姿

照片十二　台中場開發之矮架抗風型水耕網溫室之外貌

照片十三　台中場開發之組合式抗風型架網溫室外貌



照片十四　台中場開發之組合式抗風型矮架網溫室之套件

照片十五　台中場開發之立體式動態浮根式水耕栽培系統

照片十六　升降式水耕系統栽種土白菜之盛姿

養液栽培技術講習會專刊　第二輯 44～59, 1989

作物的營養特性及影響養液組成之因素

沈再發　許淼淼＊

一、前　　言

培養液之組成與濃度為養液栽培最重要軟體之一，此組成濃度的決定方法，大致可分為四種：第一，依據生育良好而豐收的植物體、土壤分析後，以該組成經再試驗後確定為最適者。第二、依據培養液的構成要素分成陽離子和陰離子，行各離子間各種比率的組合試驗，以表現最好之培養液組成和濃度所算出者。第三、依據作物的生長階段詳細調查其養分和水分的吸收量，將此養分吸收之型態（patern）以決定其組成和濃度者。第四、重視培養液吸收過程和吸收之型態，以培養液的管理方式來調整為重點者。在目前實際應用上較有名的Hoagland和Arnon培養液和日本之園藝試驗場處方為屬於第一種方法。日本之名城大學高野依離子別所作成之培養液屬於第二方法。日本山崎以養液的穩定性管理為出發點所作成之作物別培養液為第三種方法。而為使某些要素加重其吸收而出發點的神奈川園藝試驗場處方，番茄缺鈣而重鈣的濃度所作成的培養液，就是屬於第四種方法。以上之培養液組成濃度列於表一供參考。

上述所發展出來的各種培養液，於農家之實用階段通常培養液之管理以pH和EC（電導度）計測定，但是經長期間栽培後，培養液之組成發生變化機會很大，致使培養液之pH或EC不穩定，而需要行酸或鹼處理或濃度之調整。於變化劇烈時，就得將培養液全部或一部份予以更新。此種培養液組成之變化，主要發生於作物本身之營養特性與培養液之組成的不適合。有關作物之營養特性及影響養液組成之因素，不僅是依作物之種類和其生育階段而有異，環境條件（光線、溫度等）、栽培的方式、及栽培的季節等都有密切關係。本文就上述項目提出說明，供今後發展之參考。

二、作物對氮素形態的營養特性

氮素的供給形態主要有NO_3—N和NH_4—N兩種。NO_3^-為陰離子，而NH_4^+為陽離子。土壤粒子對NO_3^-不具吸著性，因此下雨或灌水時容易造成流失。NO_3^-於作物吸收後，需在體內還原NH_4^-後才能進入氮素的同化作用。因爲NO_3^-還原時就得消耗能源，而NH_4^+被吸收的話，就可直接同化利用。但是蔬菜體內吸收多量的NO_3^-時，生育上並不造成障害，而NH_4^+如果單獨使用或過量為作物吸收，則易引起生育障害。同時NH_4^+對其他的陽離子如鈣、鎂、鉀等陽離子的吸收具有拮抗作用。如番茄的尻腐病（Blossom-end rot），萵苣、草莓等之發生頂燒病（Tip-burn）的生理障害，常是鈣的吸收被抑制的結果。一般養液栽培以NO_3—N為主，以日本之園藝試驗場培養液，其氮素中硝酸態為16me/ℓ，而氨態則僅為1.3me/ℓ。因為肥料中硝酸鉀（KNO_3）和硝酸鈣Ca（NO_3）$_2$為硝酸態氮（NO_3）的來源，於是培養液中欲變更氮的濃度的話，鉀或鈣的濃度也隨而變化。同時以NO_3—N的培養液經栽培作物後通常pH易升高，葉的顏色也較為淡綠色

＊農試所鳳山熱帶園藝試驗分所研究員兼分所長及助理

，新葉或新梢容易折斷。如果有適當的NO_3/ NH_4比率，則不但可避免上述之缺點，而且可促進作物之生育。

作物對NO_3—N或NH_4—N之吸收，依種類和pH之不同有優先的或選擇的吸收特性。依池田等將蔬菜之氮素的吸收特性分成如表二。

表一　各種培養液之多量要素濃度（me/ l）

	NO_3-N	P	K	Ca	Mg
Arnon及Hoagland	16	6	10	6	4
日本園試處方	16	4	8	8	4
日本神園處方	10	4	6	10	4
山崎處方（番茄）	7	2	3	2	2
高野處方	13	4	6	7	4.4

表二　蔬菜之氮素的吸收特性分類（池田、大沢1981）

pH	優先吸收NH_4	優先吸收NO_3	NO_3與NH_4之吸收相等
5	玉米、芹菜、草莓、洋香瓜、鴨兒芹、胡瓜、茼蒿、萵苣	豌豆、菠菜、西瓜、白菜、菜豆、甘藍、番茄、小蕪菁、甜椒	茄、毛豆
7	玉米、萵苣、草莓、芹菜、洋香瓜、茼蒿、胡瓜、鴨兒芹、毛豆、茄、甜椒	菠菜、白菜、小蕪菁	菜豆、甘藍、豌豆、番茄、西瓜

從表二中可分成下列數種狀況：

1.NH_4—N優先吸收與pH無關者：草莓、玉米、洋香瓜、胡瓜、萵苣、鴨兒芹、芹菜、茼蒿。

2.pH 7時NH_4—N優先吸收，而pH 5時NO_3—N和NH_4—N同程度吸收者：茄、毛豆。

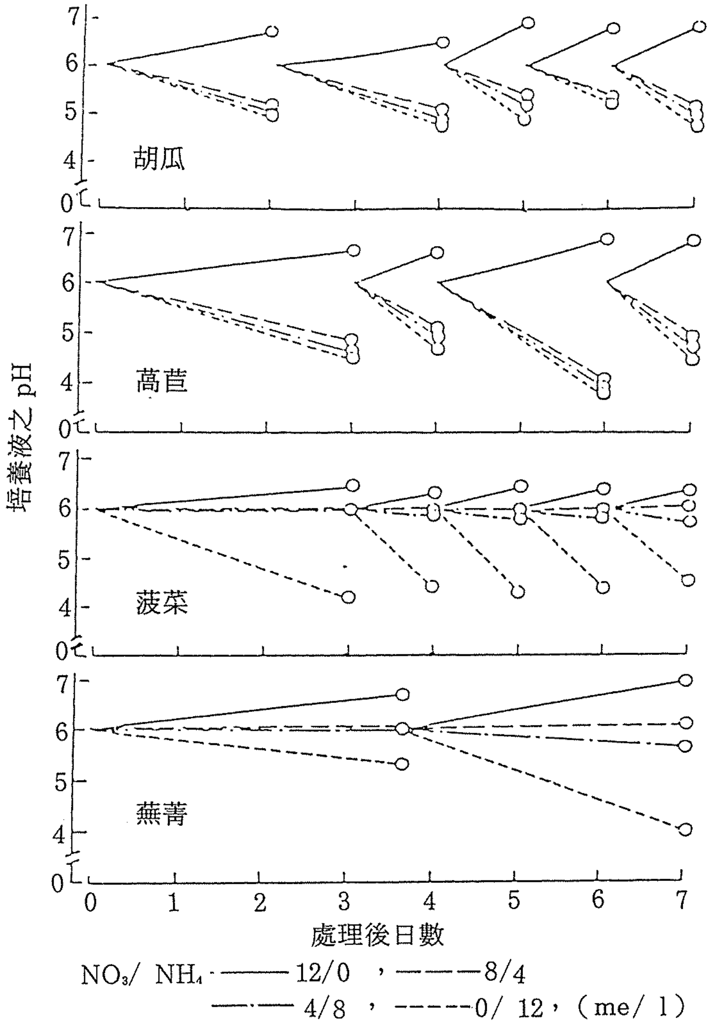
3.NO_3—N優先吸收與pH無關者：菠菜、白菜、蕪菁。

4.pH 5時NO_3—N優先吸收，而pH 7時NO_3—N和NH_4—N同程度吸收者：豌豆、菜豆、西瓜、番茄、甘藍。

5.pH 5時NO_3—N優先吸收，NH_4—N時優先吸收者：甜椒。

除上述培養液中，僅以NO_3—N爲氮源時，於栽培期間pH常有上升的趨向外，如以NH_4—N為氮源時則pH逐漸下降。作物如為NH_4—N優先被吸收者，培養液之pH會下降。但於NH_4—N吸收完畢時，pH並非不變化，反而上升。

培養液pH之變化，不僅依氮之形態有所影響，而且培養液中NO_3和NH_4以適當的比率供給的話，也可使pH的變化減少。例如圖一所示，胡瓜、萵苣不論NO_3和NH_4之比率多少，培養液中只要存在的話其pH會下降，但是菠菜和蕪菁的培養液中NO_3和NH_4之比率以10：2～8：4（me/ ℓ）供給的話，pH可長時間維持穩定。



圖一 培養液之 NO_3/ NH_4 與 pH 之變化（池田、大澤 1983）

水耕以NO_3和NH_4適當比率時，通常比NO_3單獨使用時生育良好。同時，由於NO_3之還元酵素的活性有賴光的存在，於弱光或光不足條件下，其活性降低，NO_3之吸收也隨而降低。因此，光不足的條件下則以NH_4之氮源較為有利，在秋冬季可略增加NH_4—N濃度，使光不足的生育差異得到改善。依日本安田、永井（1981）之試驗，NO_3：NH_4鴨兒芹以4：6，草莓以6：4則生育良好。番茄於冬季光照不足時以5：1～11.5：0.5，胡瓜以3：1以下時也可使生育正常。（安井、本田 1982）。鳳山熱帶園藝試驗分所以洋香瓜行不同NO_3/ NH_4比率試驗結果顯示，NH_4較高比率時，株高似有略高的現象（表三），但是葉片之乾物率反而降低（表四）。同時由於NH_4之高比率時，植體之含量鈣和鎂量降低（表五），果實之糖度則以NO_3/ NH_4比率為10：2～8：4較為良好（表三）。

番茄栽培於秋冬季時可以NO_3和NH_4並用，但是春季和夏季的高溫時期，雖然兩種氮源並用可使作物體生育促進，但是尻腐病果（Blossom—end rot）卻增加。因此春夏季最好以KH_2PO_4來代替$NH_4H_2PO_4$，使培養液不因NH_4—N的存在而發生理障害。

表三　培養液中之 NO_3 與 NH_4 比率對溫室洋香瓜之生育影響（沈，1988）

品　種	NO_3：NH_4	生長狀況*				果實	
		株高（cm）	葉長（cm）	葉寬（cm）	莖粗（cm）	果重（g）	糖度（Brix）
Sapphire	12：0	115.2^{c}	11.4^{c}	16.2^{d}	6.2^{c}	1281.3^{a}	10.6^{ab}
	10：2	124.4^{bc}	15.0^{a}	22.5^{c}	7.9^{a}	1268.8^{ab}	11.5^{a}
	8：4	134.0^{b}	13.0^{b}	18.5^{b}	7.2^{bc}	1312.5^{a}	11.3^{a}
	6：6	153.4^{a}	14.6^{ab}	20.1^{a}	7.6^{cb}	1025^{b}	9.5^{b}
B-502	12：0	92.4^{a}	12.5^{a}	17.6^{bc}	6.7^{a}	1093.8^{b}	12.4^{a}
	10：2	94.9^{a}	12.9^{ab}	18.9^{ac}	7.0^{a}	1275^{a}	13.2^{a}
	8：4	102.5^{a}	13.8^{a}	20.0^{a}	7.5^{a}	1287.5^{a}	13.1^{a}
	6：6	93.7^{a}	12.0^{ab}	17.2^{b}	7.0^{a}	962.5^{c}	13.1^{a}
FS-30	12：0	129.4^{b}	10.8^{b}	16.4^{b}	6.4^{a}	1057.1^{c}	13.1^{b}
	10：2	155.2^{a}	13.4^{a}	19.5^{a}	7.1^{a}	1585.7^{a}	14.7^{a}
	8：4	156.8^{a}	12.7^{a}	17.9^{b}	6.3^{a}	1378.6^{b}	14.6^{a}
	6：6	157.0^{a}	12.7^{a}	18.1^{ab}	6.7^{a}	1178.6^{c}	12.6^{b}
Earl's	12：0	132.6^{b}	11.2^{b}	18.2^{b}	7.3^{a}	1400^{a}	10.4^{b}
	10：2	124.2^{b}	12.1^{ab}	18.8^{ab}	7.5^{a}	1387.5^{a}	13.3^{a}
	8：4	165.3^{a}	12.9^{a}	20.0^{a}	7.3^{a}	1512.5^{a}	11.7^{ab}
	6：6	154.8^{a}	11.5^{b}	17.6^{b}	6.6^{a}	1437.5^{a}	12.3^{a}

*授粉前一日（8月6日）調查（播種日期：6月23日，定植日期：7月8日）

表四　培養液中不同 NO_3/ NH_4 比率對溫室洋香瓜植體乾物率（％）的影響（沈，1988）

品　種	NO_3：NH_4	葉	莖
Sapphire	12：0	18.01^{a}	9.27^{a}
	10：2	19.02^{a}	9.46^{a}
	8：4	16.44^{b}	9.25^{a}
	6：6	13.89^{c}	9.27^{a}
B-502	12：0	15.24^{a}	8.5^{a}
	10：2	17.23^{a}	8.85^{a}
	8：4	15.20^{a}	9.01^{a}
	6：6	12.62^{b}	7.95^{a}

表五 培養液中不同 NO_3/ NH_4比率對洋香瓜植體要素含量之影響（沈，1988）

	NO_3：NH_4	N	P	K	Ca	Mg
葉	12：0	2.13	0.14	3.53	8.02	0.66
	10：2	2.05	0.15	2.22	8.73	0.59
	8：4	2.61	0.18	2.58	7.88	0.60
	6：6	2.84	0.17	2.89	6.60	0.50
莖	12：0	1.82	0.17	5.93	2.06	0.59
	10：2	1.79	0.17	6.14	1.65	0.59
	8：4	2.07	0.17	6.23	0.91	0.50
	6：6	2.08	0.15	6.07	1.15	0.45

三、作物之種類

各種作物之營養特性不同，如不適合的培養液管理則不但不能達到豐收或提高品質，而且易發生理障害，甚至整體無法收獲。在栽培期間如果培養液不平衡，pH或EC不穩定時，常需更換培養液的話，則肥料和用水費用會增加。葉菜類的培養液管理是要使葉片生長旺盛，但是果菜類的地上部如果過份的旺盛，則果實收量和品質皆降低。

同樣是果菜類的胡瓜和番茄的吸收濃度組成也不同，以日本園試處方所適者為胡瓜，而番茄所需之濃度較低。番茄如以此處方栽培時，因番茄吸收鉀較多而鈣較少。因此栽培之後期培養液中鈣濃度提高，致pH上升常引起培養液更新的需要。如能供給作物所適合的培養液時，栽培期間的組成和濃度就不會起多大的變化，而作物可期待正常的生育。此適合的培養液處方，為農家提供培養液管理上重要安全之關鍵。

適合作物的培養液處方，不僅是栽培期間的培養液組成和濃度的變化小，而且需要達成提高生產量或品質的效果。山崎等以作物吸收的要素量與水分的吸收量比，作成目前最廣泛被應用的水耕培養液。該培養液以作物別列於表六。此種以消耗的養液量，包括蒸散量、蒸發量和隨生長的吸收量在內所作成之培養液濃度，雖然不是正確為根吸收的濃度，但是具有培養液管理上濃度維持的意義。

上述作物之營養特性上濃度組成是很重要的。但是實際上要得到其正確的濃度或組成是非常困難的。因為植物所吸收的要素和水分，隨周圍的環境，如溫度和光等條件直接的影響，及栽培的方式的不同而有所差異，特分別說明於後。但是，栽培者要瞭解的是作物的吸收並非一固定的不變數值。因此一固定的不變的平衡培養液處方並不存在的。實際栽培管理上，個別的要素或水分的吸收所影響的因素得要切實的瞭解，針對此需要行適宜的對策，才是最好的方法。

四、生育階段

農家之經濟栽培時，通常以電導度計（EC　meter）測定全鹽之濃度，使培養液保持一定之值以補充肥料。其他也有以減水量為標準行肥料之補充的，或以培養液中NO_3—N之濃度行分析

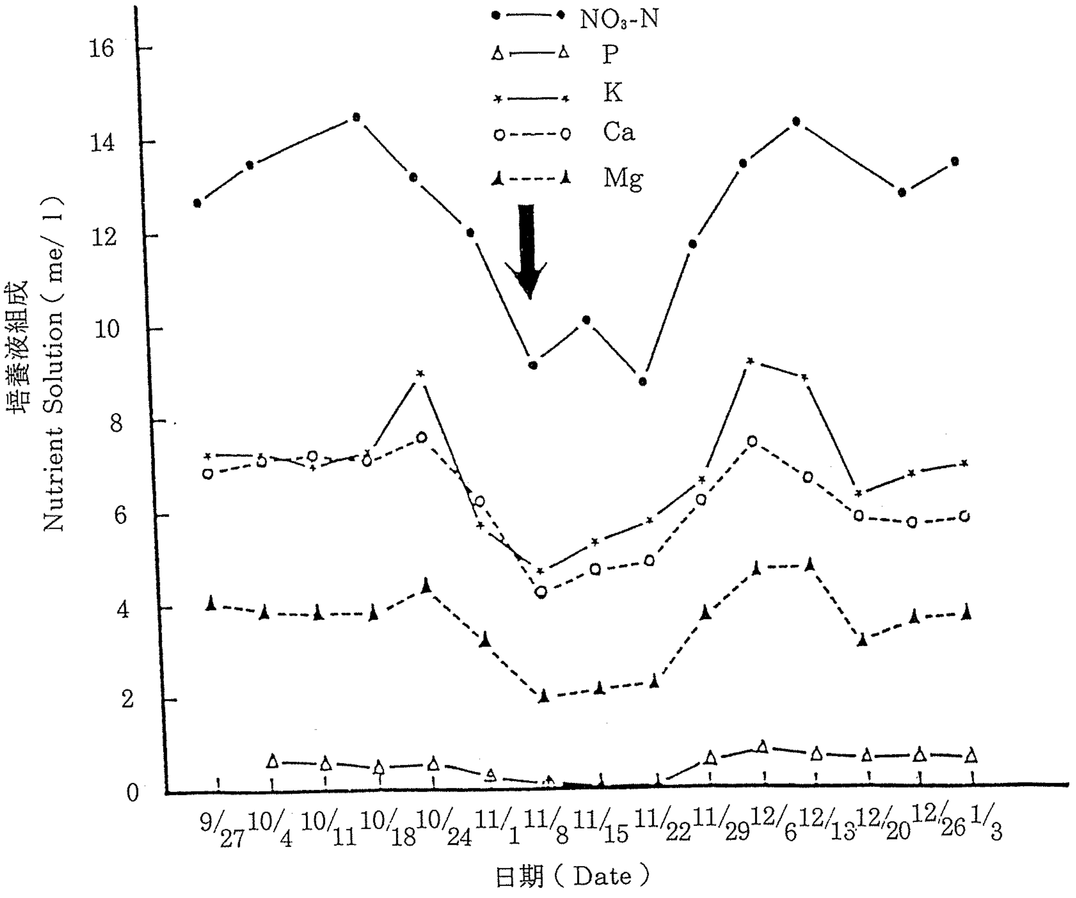
表六　日本山崎氏之作物別之適宜養液組成（公克／1,000公升）

作物別	硝酸鉀	硝酸鈣	硫酸鎂	磷酸一銨	EDTA鐵	成分濃度（me/ l）					電導度 mS/cm
						硝酸態氮	鉀	鈣	磷	鎂	
胡　瓜	610	830	500	120	20	13	6	7	3	4	2.0
洋香瓜	610	830	380	150	20	13	6	7	4	3	2.0
西　瓜	610	830	185	60	20	13	6	7	1.5	1.5	1.6
菠　菜	300	470	250	80	20	7	3	4	2	2	1.1
番　茄	400	360	250	80	20	7	4	3	2	2	1.1
草　莓	310	240	125	60	20	5	3	2	1.5	1	0.7
甜　椒	610	360	250	100	20	9	6	3	2.5	2	1.3
茄　子	710	360	250	120	20	10	7	3	3	2	1.5
萵　苣	400	240	125	60	20	6	4	2	1.5	1	0.8
茼　蒿	810	470	500	155	20	12	8	4	4	4	2.0
蕪　菁	510	240	125	60	20	7	5	2	1.5	1	0.9
鴨兒芹	710	240	250	190	20	9	7	2	5	2	1.6
康乃馨	400	590	310	80	20	9	4	5	2	2.5	1.3
玫瑰花	300	360	150	60	20	10	3	3	1.5	1.2	1.3
火鶴花	200	240	200	30	20	4	2	2	0.8	1.6	0.6
秋　菊	400	240	125	80	20	8	4	2	2	1	1.1
柑　桔	200	470	185	60	20	6	2	4	1.5	1.5	0.9
※葉　菜	707	354	246	152	20	10	7	3	4	2	1.6

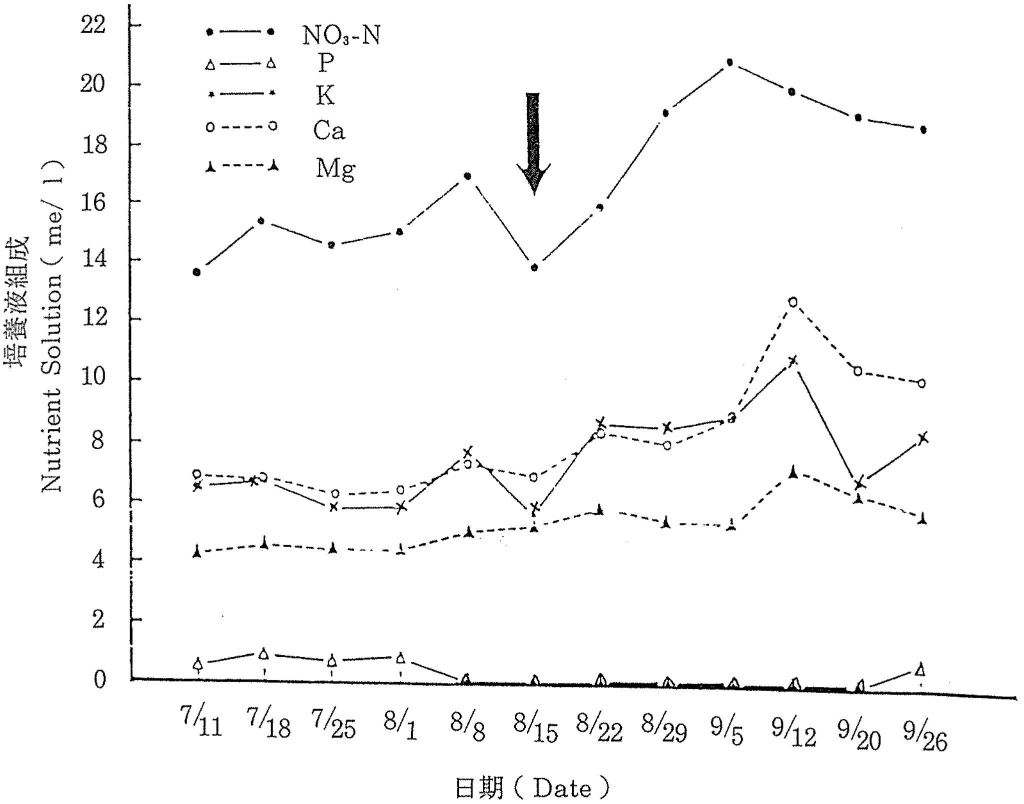
※係鳳山熱帶園藝試驗分所處方。

後，依減少NO_3—N量標準，其他成分也以同樣比例行補充之。此三種方法，皆依作物吸收要素的比例與培養液中要素的比例大致相同，所謂平衡培養液的想法為出發點。但是，作物不同的生育階段中吸收的要素比例不同，培養液中原來的要素比例就發生變化。

作物養分吸收的基本型式（patern）果菜類和蕹菜類有很大的差異，蕹菜類以植物體的生育艮好為著眼，只要供給營養生長艮好的養液就可以。例如蕹菜之栽培依表六之蕹菜肥料處方行栽培，可保持培養液之pH和EC很長的一段時期的穩定。因此，通常葉菜類栽培只要提供正確的營養生長的處方就可以了。然而果菜類收穫的目標為果實，不僅要植物體的生育而已，還要顧及開花、結實之生殖生長的適合培養液。果菜類的番茄和胡瓜，一方面是使植物體保持艮好生長之同時，一方面需顧及使多開花與結果。因此，同屬於營養生長和生殖生長同時進行的營養管理型式。洋香瓜則又不然，植物體之營養生長後開花，每株僅留1～2個果實，使其到成熟的管理方式，其營養生長與生殖生長完全不同，依鳳山熱帶園藝試驗分所之試驗，洋香瓜之養分吸收大致可分開花前之營養生長期、授粉幼果期、果實肥大期、和果實成熟期四個不同之吸收階段。其變化如圖二和圖三。秋作時營養生長期大致穩定，授粉小果期吸收較高濃度之氮、鉀和鈣等，果實肥大期則吸收濃度降低，果熟成熟期又略爲提高，而夏作和秋作也略有不同。由於各生育時期所吸收的



圖二 秋作溫室洋香瓜品種水耕試驗栽培期間培養液五要素（NO_3-N，P，K，Ca，Mg）組成之變化（沈、許 1987）



圖三　夏作溫室洋香瓜品種水耕試驗，培養液五要素（NO_3-N，P，K，Ca，Mg）組成之變化（沈、許 1987）

養分不同，以同樣不變的培養液供給的話，就容易引起養分之不平衡，導致pH和EC的變化。因此，今後對於適合各生長時期的供給各不同組成濃度培養液的管理方法是所需要開發的。就果菜類之番茄、胡瓜和洋香瓜之要點說明如下：

番茄於生育初期對各要素之吸收濃度較高，果實肥大期以後濃度需求降低（表七）。養分之吸收以氮之吸收濃度為1時，各要素之吸收濃度比較，鉀和鈣較大，而磷和鎂較小。許多報告指出鉀／氮比以重量爲單位計算在2.0或以上的管理為好。

表七　番茄之生育階段別的養分吸收濃度（me/ l，近藤1967）

生育階段	N	P	K	Ca	Mg
初期生育期	13.9（1.0）	4.0（0.29）	5.8（0.42）	6.6（0.49）	2.3（0.17）
果實肥大期	5.0（1.0）	1.7（0.34）	3.5（0.70）	3.4（0.68）	1.2（0.24）
果實收獲期	5.9（1.0）	2.0（0.34）	3.5（0.59）	3.9（0.66）	1.2（0.20）
全　期	6.9（1.0）	2.2（0.32）	3.8（0.55）	4.1（0.59）	1.4（0.20）

胡瓜以幼果收穫為主，每株之著果數多、收量高為目的。因此果實中的要素組成是培養液管理所必需考慮的要點。表八為胡瓜器官別的要素組成和含量。氮、鉀於植體內各器官皆含高濃度，綠葉上的氮比鉀含量高，然而莖和果實則鉀比氮含量高。鈣則於下部葉的含量較高，而葉部以外之器官含量低。收穫的單一果中所含的要素量（以克爲單位）以氮為100時，磷為20～30，鉀為110～120，鈣 6～7，鎂 6～7之比率。由於果實逐漸採收，所以鉀之補充當為重點。鈣的含量主要在葉片上，由於鈣在植體內之再移動為較難的元素，因此新葉展開時為植物生育所需，培養液中的鈣濃度得維持適當的濃度。

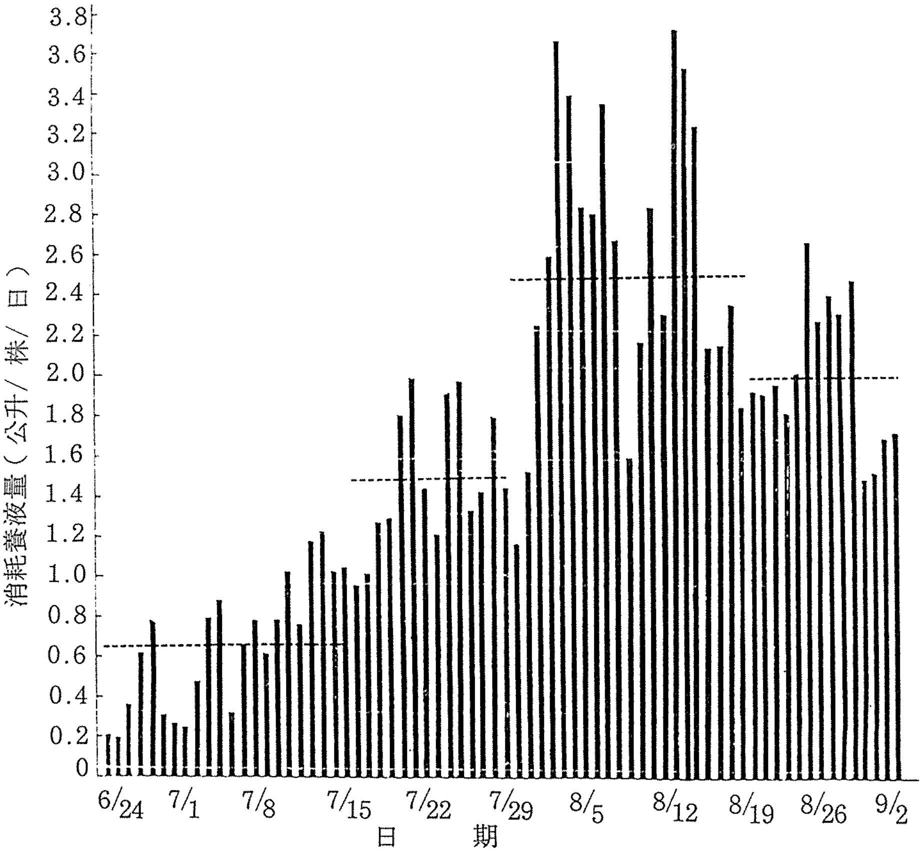
表八 胡瓜植體之器官別無機要素組成

		乾物濃度（%）					一個體之含量（g）				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
4月6日	葉	5.91	1.43	5.11	2.39	0.67	1.12	0.27	0.97	0.45	0.13
	莖	5.06	1.24	7.76	0.72	0.45	0.49	0.12	0.74	0.07	0.04
	成果	3.99	1.09	4.92	0.23	0.27	0.31	0.08	0.38	0.02	0.02
	幼果	5.11	1.36	5.76	0.36	0.41	0.17	0.05	0.19	0.01	0.01
6月7日	綠葉	5.48	0.63	4.72	5.73	0.65	1.81	0.21	1.56	1.89	0.22
	老葉	3.05	1.07	5.12	8.16	0.78	0.90	0.32	1.52	2.42	0.23
	莖	4.59	0.92	6.36	0.92	0.40	1.81	0.36	2.51	0.36	0.16
	成果	3.79	0.74	4.05	0.28	0.25	0.26	0.05	0.28	0.02	0.02
	幼果	5.40	0.99	5.23	0.48	0.39	0.18	0.03	0.18	0.02	0.01

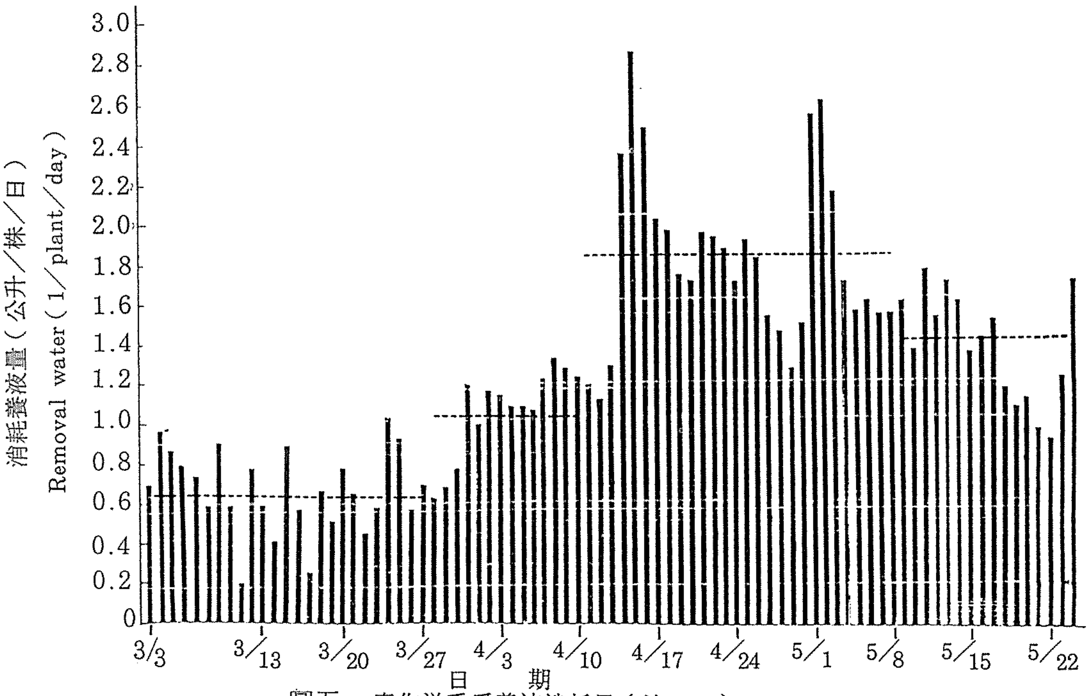
1月20日播種，2月28日定植，4月3日～7月16日收獲。

依鳳山熱帶園藝試驗分所以山崎氏洋香瓜培養液行洋香瓜之養液吸收量（包括吸收和蒸發散量）調查，每株每天夏季幼苗到開花期為0.66公升，開花到小果期為1.49公升，果實肥大期為2.46公升，果實成熟期為1.96公升，栽培期間為71日，平均每株每日消耗1.66公升（圖四）。

春季幼苗到開花期為0.67公升，開花期到小果期為1.05公升，果實肥大期為1.85公升，果實成熟期為1.39公升，栽培期間為82日，平均每株每日消耗1.27公升（圖五）。由於其養水分之吸收特性變化大，目前欲得到外觀網紋相當完整美麗，糖度高的果實，非要事先了解各時期的營養特性與其各時期的控制技術不可。尤其是網紋的發生時期到果實成熟期如何做好養液的管理，才能得良好的果實，尚待加強研究。



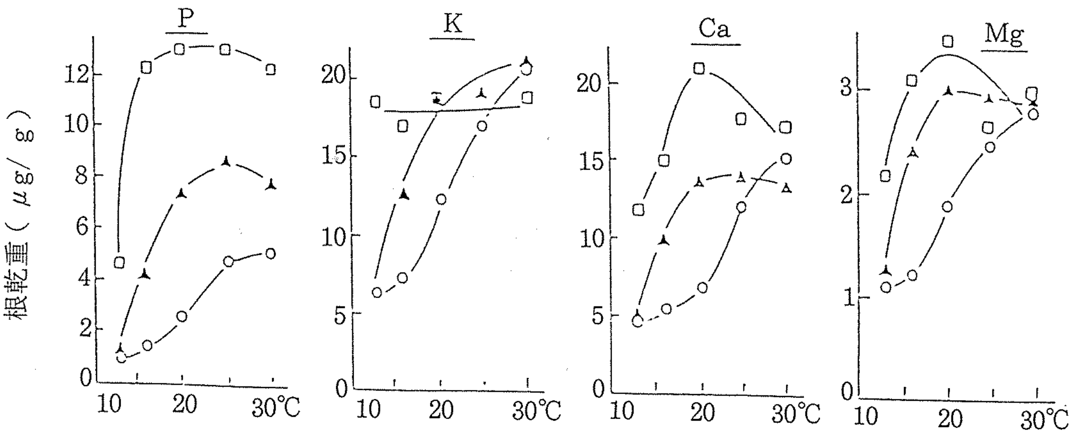
圖四 夏作溫室洋香瓜養液消耗量（沈1987）



圖五 春作洋香瓜養液消耗量（沈1987）

五、作物與環境條件

氣溫與栽培介質之溫度對養分吸收和運輸有很大之影響，一般溫度高時磷和鉀之吸收和運輸增加，但對鈣和鎂則不增加。山崎（1974）以番茄於高溫室（27～22℃）和低溫室（24～14℃）栽培三週後，高溫室之氮、鈣、鎂含量較低溫室之含量少。小川，橘（1976）以胡瓜的根溫對無機成分的吸收和運輸之影響行調查，結果發現鈣、鎂於超過20℃時，吸收減少，而鉀則隨溫度增到30℃為止，隨高溫而吸收增加。磷則20℃和30℃並無多大變異。並且品種間亦有差異（圖六）。以養液薄膜法栽培番茄，植物體之氮、磷、鉀含量與根溫之關係也有同樣的結果（表九）。



▲—▲…外留米落合 H 型○—○…夏崎 3 號□—□…C. ficifolia 台

圖六 胡瓜之根溫與無機養分的吸收（小川、橘1976）

表九 栽培於養液薄膜法之番茄植物體的氮、磷、鉀含量與根溫之關係

根溫（℃）	氮（%）	磷（%）	鉀（%）
15	3.8	0.52	4.0
20	4.4	0.77	4.8
25	3.8	0.71	4.6
30	4.1	0.70	4.9

光之強度與光合產物有密切關係，於光合作用旺盛時根之養分吸收也多。依日本橘氏以番茄做Hoagland培養液不同濃度與光照關係試驗，於40Klux時以2倍濃度的光合成速度最大，13Klux時則以1/ 2倍濃度的光合成速度較高。1/ 5倍濃度時不論40Klux或13Klux的時光合成速率皆最低。該氏又指出，於光量較大時作物對培養液濃度的適宜範圍增大。光量較少時，培養液濃度較低的生育適宜濃度之範圍也減少。

六、栽培方式與吸收

養液栽培之分類上可分固體介質耕、水耕與噴霧耕。其各種栽培方式之養分供給也不同，固體介質耕目前以岩綿耕栽培面積最大，以荷蘭岩綿栽培作物別所供給之培養液列於表十。由於所供給之組成，常因氣象條件和生育階段等條件而變化，及荷蘭的用水中含有海水的成分如鈉、氯離子，如累積於岩綿內含量高時對作物發生毒害。同時經一段栽培期間後，其要素間吸收速度發生差異，例如果菜類栽培時對鉀的吸收速度快，而鈣之吸收慢，微量要素中錳於低濃度時也可吸收，而硼卻非在高濃度時不易吸收。因此，每週得測定岩綿之pH和EC至少2～3次，每月得抽取岩綿內之培養液成分分析一次，然後，依據表十一岩綿內之指標值，以分析之結果增減所供給培養液之組成。如果岩綿內之鹽類累積過多時，則需要以灌水或以新培養液沖洗使其維持適當的組成濃度。

其次，從日本所發展出來的深水耕方式（DFT）可以表六的養液組成，但是此組成是否適合於英國所發展出來的養液薄膜法（N.F.T）也得要檢討的。由於養液薄膜法所供給的養液量較少，於薄膜的養液循環中，如於高溫日照多時，其吸收和蒸發散量較大，養液之濃度組成和溫度之變化劇烈，因此英國NFT所用之理想培養液的濃度（表十二）較日本的番茄組成濃度較高些，而此組成濃度於熱帶地區是否適宜，也有待檢討的。

還有水耕的方式，尤其供氧的方法與根的養分吸收極為密切，於液溫高時溶氧量低（表十三），根之吸收機能降低，甚至褐化不能吸收。因此於高溫季節，以何種栽培方式更是得要慎重選擇。

表十　荷蘭岩綿栽培之培養液組成（Sonneveld and Krey, 1986）

成　　分	胡　瓜	番　茄	甜　椒	茄　子	康乃馨	玫瑰花	非洲菊	火鶴花	虎頭蘭	菊　花
EC mS/ ㎝（25℃）	2.1	2.3	1.7	1.7	2.2	1.8	1.8	1.1	1.0	1.4
NO_3^-mmol/ l	15.7	13.5	12.25	12.0	15.0	13.0	13.0	6.5	3.8	10.5
$H_2PO_4^-$	1.50	2.0	1.25	1.5	1.75	1.75	1.5	1.0	1.0	1.0
SO_4^{--}	1.25	3.5	1.25	1.0	1.5	1.50	1.25	1.5	2.3	1.0
NH_4^+	0.5	0.5	0.25	0.5	0.5	0.75	0.5	0.5	1.0	0.5
K^+	8.0	9.5	6.0	6.0	7.25	6.0	6.5	4.5	3.2	5.0
Ca^{++}	4.25	4.75	3.75	3.0	4.75	4.5	4.0	1.75	1.7	3.0
Mg^{++}	1.375	1.5	1.125	1.5	1.25	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0
Fe μ[illegible]	15	15	10	10	25	25	35	15	8	60
[illegible]	10	10	10	10	10	5	5	3	20	20
Zn	5	5	4	4	4	3.5	4	3	4	3
B	25	25	25	20	25	20	30	20	20	20
Cu	0.75	0.75	0.5	0.5	0.75	0.75	0.75	0.5	0.4	0.5
Mo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5

表十一 荷蘭之岩綿內之指標值

成分	胡瓜	番茄	甜椒	茄子	康乃馨	玫瑰花	非洲菊	火鶴花	虎頭蘭	菊花*
EC mS/ cm（25℃）	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.2	2.2	1.3	1.0	1.7
NO_3^- mmol/ l	18.0	16.0	14.0	15.0	14.0	12.5	13.0	6.0	2.8	10.0
$H_2PO_4^-$	1.5	1.5	1.0	1.0	1.25	1.5	1.25	0.75	0.7	0.75
SO_4^{--}	3.5	4.5	2.5	2.5	3	3.0	3.0	2.0	2.8	2.0
NH_4^+	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.2	<0.5
K^+	8.0	7.0	5.0	5.0	7.0	6.0	6.0	3.5	2.8	5.0
Ca^{++}	6.5	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.25	2.5	3.5
Mg^{++}	3.0	3.0	2.5	3.5	2.25	2.0	2.0	1.5	1.2	1.5
Fe μ mol/ l	15	15	15	15	20	25	40	15	8	80
Mn	7	7	7	7	5	3	3	2	8	10
Zn	7	7	5	5	5	3.5	5	4	4	5
B	60	50	50	50	50	20	40	40	20	20
Cu	0.8	0.7	0.6	0.6	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
Mo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* 循環式水耕

表十二 英國養液薄膜法（NFT）之理想濃度（1,000公升水）

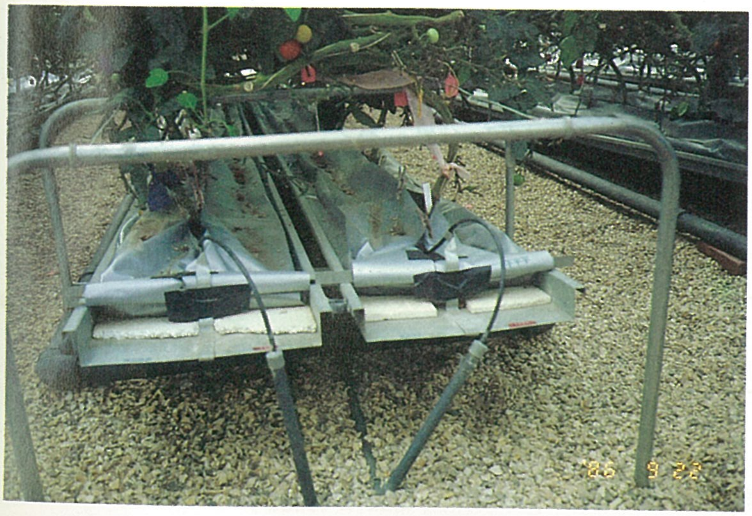
肥料鹽		重量（公克）
第一磷酸鉀	KH_2PO_4	263
硝酸鉀	KNO_3	583
硝酸鈣	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	1,003
硫酸鎂	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	513
Fe-EDTA	$[CH_2 \cdot N(CH_2COO)_2]_2FeNa$	79
硫酸錳	$MnSO_4 \cdot H_2O$	6.1
硼　酸	H_3BO_3	1.7
硫酸銅	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.39
銅酸銨	$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 7H_2O$	0.37
硫酸鋅	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.44

表十三　液溫與飽和溶氧量

溫度（℃）	ml/ l	ppm
1	9.96	14.2
5	8.96	12.8
10	7.91	11.3
15	7.11	10.2
20	6.42	9.2
25	5.86	8.4
30	5.34	7.6
35	4.83	6.7

（1 ml/ l≒1.4 ppm，1 ppm≒0.7 ml/ l）

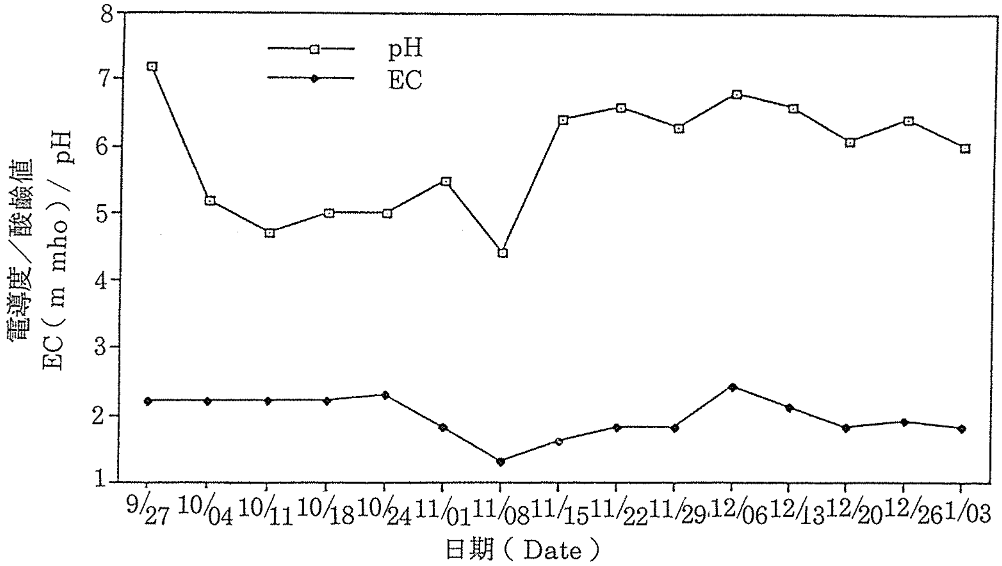
照片1.　不同NO_3／NH_4比率對洋香瓜之生育影響
左NO_3：NH_4＝10：2
右NO_3：NH_4＝ 8：4



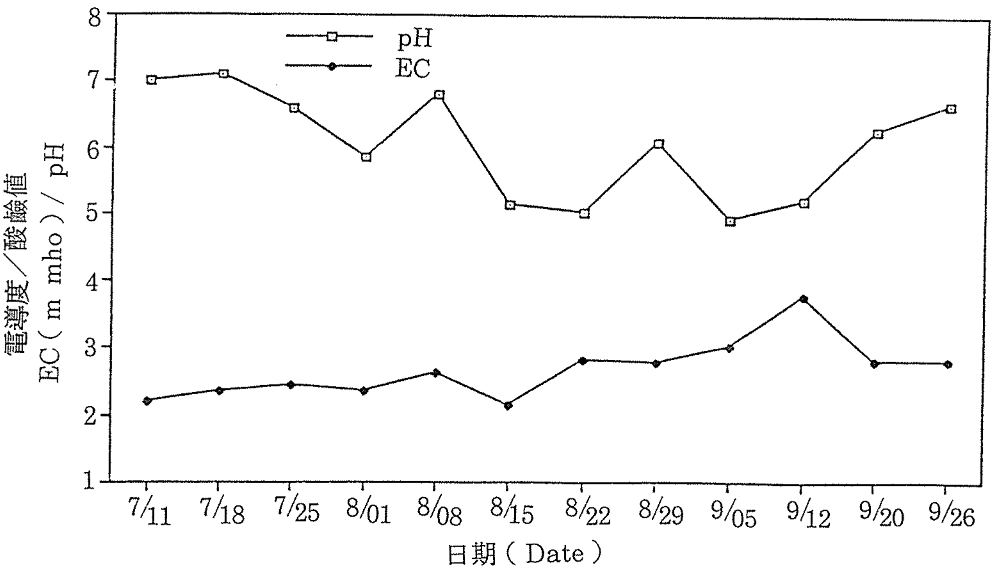
照片2.　英國之番茄的養液薄膜栽培（NFT）

七、栽培季節

不同季節的日照、溫度、濕度等條件有所不同，作物的吸收就有所差異，例如鳳山熱帶園藝試驗分所以山崎氏洋香瓜培養液栽培洋香瓜，秋作時的養液電導度變化較為平穩，但是夏作時其電導度則逐漸升高。可見於夏季的吸收濃度較低，秋季則吸收濃度較高而與所供給養液幾乎達平衡。要素之吸收也有相同的現象，夏作較秋作培養液中的要素的濃度有逐漸升高的現象，表示吸收濃度較低（圖七和圖八）。尤其是夏季對於鈣和鎂的吸收較秋冬季明顯的降低，因此，培養液中餘留鈣和鎂的濃度較高。可見於本省夏季高溫強日的季節，作物的蒸發散量和吸收量較大時，對於濃度和組成也有所變化，其養液之管理也得要注意。



圖七　秋作洋香瓜水耕培養液 pH 和 EC 之變化（1985）



圖八　夏作洋香瓜水耕培養液 pH 和 EC 之變化（1986）

參考文獻

1.沈再發　1985　數種蔬菜之水耕栽培初步試驗　夏季蔬菜生產改進研討會專輯 193—212。

2.沈再發　1987　葉萵苣浮根式水耕之養分吸收　中華農業研究 36(4)：372—380。

3.沈再發　1988　荷蘭及英國養液栽培之概況　中國園藝　34(1)：13—26。

4.沈再發、許淼淼　1987　洋香瓜之水耕試驗　設施園藝研討會專集　95—108。

5.沈再發　1989　NO_3/ NH_4比率和養液深度對溫室洋香瓜生育之影響　中華農業研究　38(1)：53—71.

6.山崎肯哉　1982　養液栽培全編　博友社。

7.池田英男　1986　作物の培養特性ガフゐ培養液管理　農業および園藝　61(1)：205—211。

8.鈴木芳夫　1986　培養液管理組成と濃度　養液栽培の新技術　25—30。

9.Resh,Howard M. 1981. Hydroponic food production. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara,California。

10.Sonneveld C. and C. De Krey. 1986. Nutrient solution for vegetables and flowers growers growing in water on substrate. Voeding—Soplossingen Glastuinbow No.8.

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　60～68,1989

培養液的化學性及其管理

王　銀　波*

一、培養液的化學性

在水耕栽培過程中，植物所需之肥料鹽必須溶於水始能配製成培養液供植物吸收利用。因此，究竟要使用何種肥料配製成較適合植物所需的培養液，要考慮培養液的組成濃度及其配法與追肥管理，有時須動用化學分析，故化學的基礎知識，對配製養液之理論與實際具很大助益。因此我們欲配製培養液需考慮下列因素：

1. 存在於化合物中之各種離子的相對比例：養液組成份中，對化合物離子之需要並不相同，例如：一分子硝酸鉀可提供一個鉀離子及一個硝酸根離子，而一分子硝酸鈣則可提供一個鈣離子及二個硝酸根離子，故若一養液期望提供充分的硝酸，又要另一方面減少多餘的陽離子，當以使用硝酸鈣為宜。
2. 肥料鹽溶解後離子之間的平衡：適當的離子平衡，可促進作物發育正常，提高產量。以過去20多年番茄水耕培養液之研究，其陰陽離子在某一範圍內維持平衡，水耕液以當量計算，陰離子組成為NO_3^-50～70（60）；$H_2PO_4^-$3～10（5），SO_4^{--}25～45（35）；陽離子組成為K^+30～40（35），Ca^{++}35～55（45），Mg^{++}15～30（20），括弧內數字為代表性當量百分率。
3. 肥料的溶解度：各種肥料的溶解度不一，由於水耕栽培必需肥料溶於水中始能供作物吸收利用，因此，選用肥料以溶解度高者較佳，例如，欲提供鈣，以硝酸鈣較硫酸鈣佳，雖然硫酸鈣較便宜，但配製時之費時與不溶物之移去，將增加不少之麻煩。
4. 肥料的價格：這裡所指肥料價格，係針對單位肥料成份重量下之價格，效果與配製時間相同時價格越低越佳，這樣才能減少成本，增加收益。惟有時考慮營養液配製時之方便性或另一半成份之需要性，並非只考慮一個成份而已。
5. 肥料在水溶液中的行為：雖然肥料都能溶解，但培養液中以硫酸亞鐵為鐵源，則鐵易氧化而沈澱，因此其有效性就降低了，栽培時容易引起缺鐵症狀。又如，磷酸鹽的多量使用將使磷酸根與微量元素如鋅、鐵結合成另一種化合物為溶解度較低的磷酸鋅及磷酸鐵而使得培養液中鐵及鋅的有效性降低，容易引起微量元素之缺乏。更實際一點而言，一公升中Ca^{++}與SO_4^{--}分別含一克（0.1%）以上濃度就會有石膏（$CaSO_4$）沈澱。Ca^{++}6g＝，PO_4^{-3}12g以上時就會有磷酸二氫鈣$Ca(H_2PO_4)_2$產生，會有沈澱之可能。硫酸鹽含S之%會支配培養液中S之濃度。如$MgSO_4 \cdot 7H_2O$中含硫（S）13%，要使培養液濃度在0.1%以下時，應稀釋130倍以上。當然我要把培養液中所有含硫酸鹽均全部計算含S（硫）量後，再由含硫量計算稀釋成0.1%以下，可能的話0.05%以下是必要的，山崎氏認為0.03%為標準培養液S（硫）的濃度。

根據上述原因，吾人將常用於水耕栽培的化學肥料的化學特性，列於表一。

一種化合物堤供的營養元素的相對比例，必需與養分配方中需要的數量進行比較，然後選用，例如硝酸鉀和硝酸鈣，在鈣和鉀等莫耳數下，硝酸鈣能提供較多莫耳的硝酸根離子，也就是說

* 國立中興大學土壤系教授

表一　水耕栽培用肥料之化學特性

中文名稱	化學式	被植物吸收之形態	純度	溶解度 20°C克/升	價格 元/公斤
硝酸鉀	KNO_3	K^+，NO_3^-	95	3.5	30
硝酸鈣	$Ca(NO_3)\cdot 4H_2O$	Ca^{2+}，NO_3^-	70	1,270	50
硝酸鈉	$NaNO_3$	Na^+，No_3^-	98		19
尿素	$CO(NH_2)_2$	NH_4^+	98	1,000	12
硝酸銨	NH_4NO_3	NH_4^+，NO_3^-	98	1,877	31
硫酸銨	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4^+，SO_4^{-2}	94	754	10
磷酸一銨	$NH_4H_2PO_4$	NH_4^+，$H_2PO_4^-$	98	368	72
氯化銨	NH_4Cl	$NH_4^+Cl^-$		1,630	18
磷酸一鉀	KH_2PO_4	K^+，$H_2PO_4^-$	98	227	64
磷酸一鈉	$NaH_2PO_4\cdot H_2O$	Na^+，$H_2PO_4^-$		857	35
氯化鉀	KCl	K^+，Cl^-	95	343	10
磷酸一鈣	$Ca(H_2PO_4)_2\cdot H_2O$	Ca^{++}，$H_2PO_4^-$		18	56
硫酸鉀	K_2SO_4	K^+，SO_4^{2-}	90	111	31
氯化鈣	$CaCl_2\cdot 6H_2O$	Ca^{2+}，Cl^-	75	536	12
硫酸鎂	$MgSO_4\cdot 7H_2O$	Mg^{2+}，SO_4^{2-}	45	356	12
硫酸亞鐵	$FeSO_4\cdot 7H_2O$	Fe^{2+}，SO_4^{2-}		250	16
鉗形鐵	EDTA Fe	Fe^{2+}，EDTA		421	
硼酸	H_3BO_3	H_3BO_3		46	49
硫酸錳	$MnSO_4\cdot 4H_2O$	Mn^{2+}，SO_4^{2-}		500	50
硫酸鋅	$ZnSO_4\cdot 7H_2O$	Zn^{2+}，SO_4^{2-}		366	33
硫酸銅	$CuSO_4\cdot 5H_2O$	Cu^{2+}，SO_4^{2-}		168	39
鉬酸銨	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$	NH_4^+，$Mo_7O_{24}^{-6}$		100	863

有硝酸鉀莫耳數一半的硝酸鈣就能滿足植物對硝酸根離子的需要。

植物生長分營養生長期與生殖生長期等各時期，不同時期對氮素型態之要求不同，雖然銨態氮及硝酸態都能被植物吸收利用。為了促進植物的營養生長或生殖生長，供應植物氮素形態應該是不一樣的。銨態氮一旦被吸收後，將直接用來合成胺基酸或其他還原型態的化合物，因此過剩的吸收態銨態氮時，尤其在日光照度較差的條件下，往往使營養生長過度，植物徒長，影響開花。相反的，硝酸態氮，則在被同化前須先還原，因此供其營養生長所需較為緩慢，當夏季日照長，光合成速率較高時，往往引發植物需氮無法滿足而形成缺氮現象。因此在急需補充氮源時，自應使用銨態氮較合適，除此之外，概以使用硝態氮為原則。

[illegible]酸態氮（NO_3^-—N）抑或銨態氮（NH_4^+—N）較易被作物吸收，且對植物生育最有幫助。這[illegible]植物種類，生育過程，培養液之pH，培養液中其他陽離子的存在，對根部之供氧量，光照之強弱，人為的管理等均有影響。一般就蔬菜而言，全數或大部分施用硝酸態氮時，生育情形最好，如全數使用銨態氮時，則呈現銨的障礙而使植物生育大受影響。

既然銨鹽能迅速補充氮源，但卻易造成毒害，硝酸鹽則需先還原才能為植物所利用，那麼如

何調適一適當比例去適合作物生長所需。

根據岩田谷內的試驗，銨態氮和硝酸態氮的比例對蔬菜生長的影響如表二。從表二中可以看出，施用硝酸態氮的效果，較銨態氮為佳，如兩者配合對蔬菜之使用，銨態氮之量不能超過三成，才不致對產量有太大之影響而減產。又根據王銀波等（1988）種植小白菜試驗，亦得相近結果，如表三。

表二　銨態氮和硝酸態氮對蔬菜生長的影響

NO_3^- : NH_4^+	菜豆	菠菜	蕪菁	白菜	蔥頭
10：0	100	100	100	100	100
9：1	109	79	117	115	100
7：3	103	77	111	103	97
5：5	78	83	89	92	92
3：7	63	65	67	48	72
1：9	21	37	42	23	40
0：10	9	14	17	13	13

表三　不同氮源對 pH 的變化與小白菜產量表

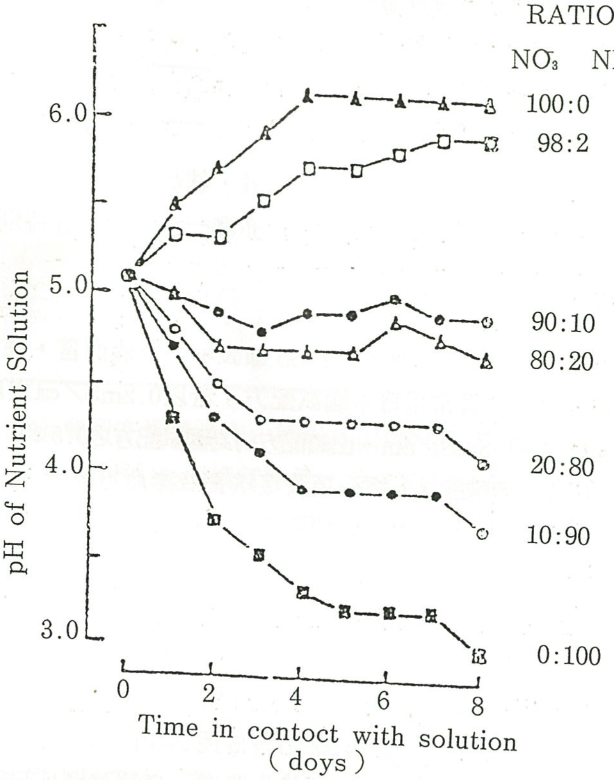
$\frac{NH_4-N}{NO_3-N}$重量比	$\frac{20}{20}$	$\frac{20}{34}$	$\frac{20}{48}$	$\frac{20}{62}$	$\frac{20}{76}$	$\frac{20}{90}$	$\frac{20}{104}$
產量（克/盆）	425	720	600	530	320	250	150
養液最終 pH	5.7	5.4	5.9	5.7	6.0	6.4	6.6

另根據Trealease試驗，以不同的氮源適當比例有助於培養液pH的穩定，幫助作物生長。養液中若全部使用NO_3^-則生長期中培養液之pH將慢慢升高，反之全部使用NH_4^+則pH將慢慢降低，故以部份NH_4^+加入培養液中則pH較穩定。Trealease的試驗結果如圖一（Johns 1983）。

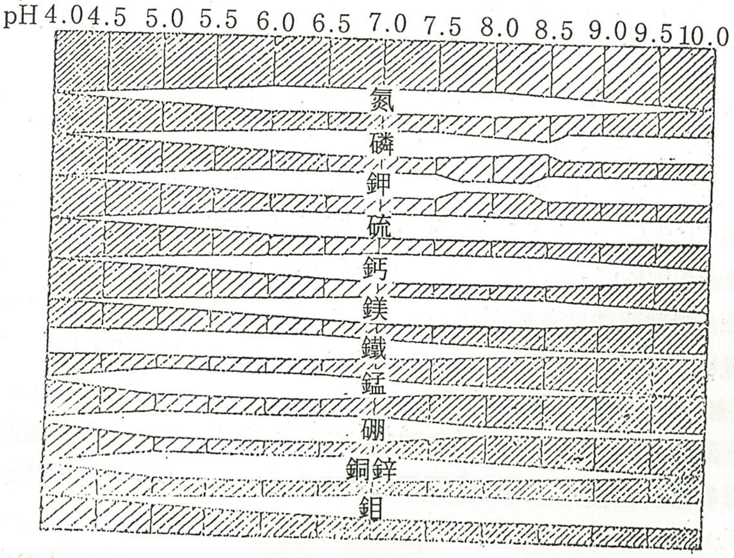
培養液之pH以調節在6～6.5左右為最佳，因為在此範圍的營養元素的溶解度最好，若pH值太高，則培養液中的鐵、錳會沈澱下來，有效性當然下降，若pH值太低，則鈣、鎂的溶解度降低，鐵、錳的溶解度增高，有可能造成鐵、錳的毒害，因此 pH 的調節宜多加小心，圖二是各營養元素在不同pH下的有效性。

二、培養液的管理

養液栽培，因作物的根生長在低緩衝能力的條件之下，與生長在土壤比較易受培養液濃度，pH變化及液溫之影響，故需一種良好組成比率的培養液，不僅可在栽培中確保培養液pH值的穩定，並且植物生長期中濃度之組成也穩定，符合作物需要，對作物嗣後的生育及管理上將方便很多，因此一種良好的培養液配方是水耕栽培成功的要件。為達到此種目的，對於肥料的化學特性及培養液配製技術不可不了解。並且在栽培過程中對培養液的管理應使其符合作物生長所需，培養液的管理可由下述幾方面著手：



圖一 不同氮源對 pH 的影響



圖二 植物養分有效性與培養液 pH 值之關係

1.導電度（EC）之管理
2.穩定pH值
3.溶氧量的控制
4.培養液的配製技術

另有一項在做培養液管理之前，就必需充分了解者，就是我們所種植的作物，因為各種作物對養分的需求並不一樣，所以其培養液的管理方法，亦非一成不變，宜特別加以注意，以免做出錯誤的管理，影響作物的生長，產量與品質。

㈠導電度（EC）之管理

導電度一般以m mhos/ ㎝，mU/ ㎝，或mS/ ㎝表示，一般而言，在稀薄溶液中，含1m.e鹽類之培養液約為0.2mS／㎝。本省常用日本園試配方，若以0.2mS／㎝之自來水配製，1單位者為2.4mS／cm0.5單位約為1.3～1.5mS／cm。山崎配方約為園試配方之0.5單位導電者度為多（黃瓜、洋香瓜、壽菊接近園試一單位之導電度）。這一項決定培養液壽命重要因子之一，若植物因吸收與利用某一離子，而使殘存溶液失去平衡，或導致培養液之滲透壓偏高，縮減了培養液的壽命。為期正確掌握管理，可藉導電度計測定培養液於作物生育各階段過程中之肥料鹽濃度，並妥為處理，做早期之調節控制，防止弊害，提昇生育品質，增加收量。

無論任何種作物，在栽培過程中，因配合作物在生育中的需要，確有調整培養液之必要。對最適用培養液之組成產生影響的主要因素可能有下列五種：

1.植物種類與品種
2.植物各不同生育階段
3.以根莖或葉為收穫目的之植物部分
4.季節一日長
5.氣候一溫度、日照強度、日照長度

因植物種類與品種之變異，對養分之吸收，尤其N、P、K之吸收量，自亦有變異。例如，萵苣等葉菜類，要比番茄或黃瓜等多喜好較高濃度的P、K、Ca量。以蔬菜種類而言，黃瓜、洋香瓜，西瓜、菠菜等為好鈣蔬菜，其他番茄、茄子、甜椒、萵苣則為好鉀蔬菜。因此基於上述植物生理需要，再依植物生育階段對濃度之需求，多配製幾道濃度不同的培養液，以資栽培，初期濃度較低，後期較高。以番茄為例，育苗期EC為1.1～2.5mS/ ㎝，收穫期EC為2.0～3.0mS/ ㎝。換句話說，番茄在幼苗期使用較稀濃度，結果期以後則使用較高濃度，此不同濃度可調節培養液的導電度即可。通常在高日照下植物總要比低日照度者，要多吸收氮量，以供生長所需。又如轉到秋至冬期，若鉀的濃度較高時可彌補日照之不足，其果實品質會顯著提高。由於夏天高溫時多量吸收氮素，氮素與鈣素有拮抗作用，以致番茄雖不是好鈣作物，仍會因需K：Ca為8：6，相當接近而引發缺鈣之番茄尻腐病。因此日本神奈農試設計有N10，P4，K6，Ca10，Mg4，S 4me/ ℓ之含鈣較多之番茄專用培養液推廣應用，以抑制NK之吸收，增加鈣之吸收量，故培養液的管理應隨季節，種植作物而做適當的調節，以丹麥為例如表四，尤其是應該對氮、磷、鉀等各種離子濃度做個別控制，才能夠充分調節作物之生育，並能保証穩定高產及種植成功。

㈡pH值的管理

水耕栽培中，酸鹼度的影響有著非常重大的意義，一般作物大體上適合pH值5.5～6.5左右，在這範圍的pH值，養液中各成份之溶解度相對較大，比較沒有栽培上的困擾。當然也有在這範圍之外較適合的特別作物，例如：茶樹喜歡在pH4左右的酸性環境下生長。

作物的養分吸收中，陰離子和陽離子的吸收如果不相同時，也會造成pH的變化，例如NO_3^-

表四 培養液濃度隨季節別設定值

（EC，mS/ cm）

月	蕃　茄	黃　瓜
1，2	3.0～4.0	2.6～3.2
3，4	2.5～3.0	2.4～3.0
5，6	2.0～2.6	2.0～2.6
7，8	1.4～1.6	1.9～2.3
9，10	1.8～2.0	2.1～2.5
11，12	2.0～2.3	2.2～2.6

離子吸收量過多時，K和Ca會留在培養液內，便形成pH偏高的情形。NO_3^-與NH_4^+兩離子共存的場合中，如果NH_4^+被優先吸收的話，pH值就降低，反之NO_3^-被優先吸收時，pH值升高，這些性質都依作物的種類，培養液的濃度，液溫等而改變。因此pH的管理，除了如前述以適當硝酸態氮及銨態氮以維持穩定pH外，別無他法，若以Hcl、H_2SO_4或NaOH來調節培養液pH值則將使培養液惡化，因為高量的Na（約80ppm）及cl（350ppm）存在將使培養液的滲透壓（含1m M/ℓ溶液之滲透壓為0.0224×273＋t℃/ 273）升高，植物生長變差，有時候Na 80ppm時就會引起拮抗作用而成為缺鉀，故此種調節pH方法已較不適用於生長期間pH的調適。

養液栽培過程中，一般而言，pH之高低對作物吸收營養分有很大的影響，pH低於5.5時鈣、鎂、鉬、硫、磷等要素較難由根吸收。若pH高於6.5時，鐵、錳、硼、銅，鋅較難吸收。pH值若超過7以上時將出現缺鐵，因為溶液中會形成$Fe(OH)_3$沈澱，因pH上升一單位，鐵之活性減少一千倍，故為克服此缺失，目前均廣泛使用EDTA-Fe鉗合物以補救之。若pH值超過8時，將會跟著出現缺錳及磷等問題。相反地，若pH值低於4.5以下時，表示缺鈣、鎂、鉀等陽離子，若pH至4.5以下時，卻會使鈣、鎂以及鉀沈澱增加，鉬則吸收受阻礙，欠缺自然無法避免。故培養液pH之穩定，在作物生長期中是很重要的，此不但使養分平衡且保持為最有效形態，以利於植物之生長。

至今，已研究pH值發生變化可能原因有下述幾點：

1.所調配之培養液的組成，濃度，並不適於作物吸收所需，各種作物所需的營養要素並非一致，由於養分的攝取而使得養分成份發生變異，因而改變了培養液pH值。例如栽培了葉菜類因好氮，迅速減少氮濃度，銨態氮減少pH下降。果菜類好磷、鉀，磷鉀失去平衡而引起pH值變化。

2.作為溶媒的用水pH值偏高時，其鈣、鎂量亦將增加，因此，當培養液需低濃度時，若用上這種pH值偏高的用水，不僅影響pH值，且還會使含Ca、Mg量提高，如一般用水EC在0.2 mS/ cm，但台灣地下水則高於此值，≦0.5mS/ cm者僅30.57%，且多為微鹼性。

3.作物吸收的養分組成具有特性，仍因依各成分，可分為具積極的吸收（如N、P、K）與消極的吸收（如Ca、Mg）。前者於多日照下，高溫下，比後者將會多吸收而致培養液之pH值易偏高。相反的，於低溫，寡日照氣候情況下，NPK之吸收大受影響而CaMg吸收影響少，培養液之pH將易偏低。

4.作物生長期中自根部排出各種未完全氧化之有機酸，或因根部之老化分解，至使有機酸、胺

基酸、尤其與呼吸有密切關係的二氧化碳，溶解於水形成之碳酸，將會使培養液之pH值降低，有時還會抑制作物之生長。

5.培養液用肥料鹽之影響，倘若過量使用銨鹽（如NH_4Cl，$(NH_4)_2SO_4$）等，雖因種植作物需銨鹽程度而異，但大多數均會優先吸收NH_4-N，致使多遺留陰離子於培養液中，培養液之pH值將會受銨離子減少之影響，顯著降低。由此可知採用最佳適用組成成份濃度的培養液，不僅可確保pH的穩定，且對作物嗣後的生育管理上，確有好處。

上述幾點pH發生改變的原因，如今都已有了解決的對策方法

1.調適植物所需的培養液配方，或者在植物吸收了某一成份後，分析其被吸收量，再予補充該元素。

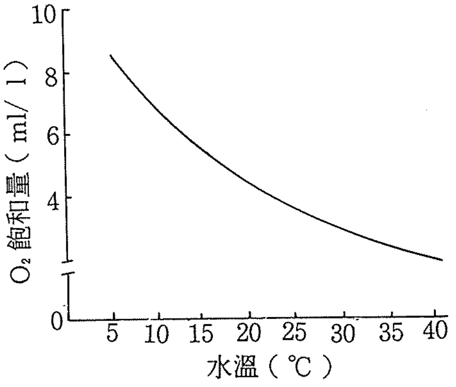
2.對所使用的水質加以分析，然後從配方中扣除溶媒用水中所溶解的鹽類，尤其應注意硝酸態氮與鈣鎂離子，靠近海邊則應注意NaCl量。

3.根部所排出的酸性物質可於養液中放入以尼龍袋包裝之交換性樹脂或清潔木炭吸收排除之。

4.以不同組成比率的銨態氮及硝酸態氮來維持穩定的pH，又KH_2PO_4之使用亦有助於培養液pH的穩定。

㈢溶氧量的管理

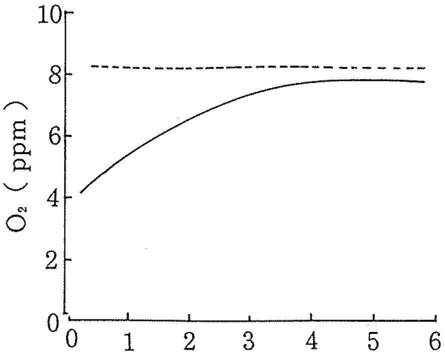
溶氧量與培養液溫度呈反比例，其關係如圖三。液溫一旦上升培養液飽和溶氧量很自然地下降，尤其在30℃以上時更為顯著。因此，在台灣冬季的水耕栽培無溶氧量及溫度高的困擾問題，水耕作物可以長的好，長的美，長得漂亮。但在夏季水耕栽培則有溶氧量不足及溫度偏高的困擾。



圖三　液溫與溶氧飽和量之相互關係

水耕栽培是設施園藝的一部份，設施固然可以達到保溫及防病蟲害的優點，但卻也是夏季水耕栽培最大的致命傷。因為在夏季，溫室白天的氣溫可以達45℃以上，液溫達38℃以上，此時培養液中的溶氧量將在1.5ppm以下。作物在培養液溶氧量5ppm以上時不會有根腐問題，若在2ppm以下根之生理機能似不良，養分吸收減少，尤其P、K、Mn明顯減少，故作物生長不佳是可以理解的。有時培養液中具有夠用的溶氧量，但長期不流動時根附近氧濃度減少而成為不足，如何可以提高培養液的溶氧量是夏季栽培能否成功的關鍵。

事實証明夏季循環式水耕栽培作物，由於充分供給氧氣，是可行的。日本千葉農試以NFT栽培草莓時以8ppm溶氧量培養液供應，則供液量對培養槽（21.5公尺）出口處之溶氧量之影響如圖四，適當的供液量可維持較高之溶氧量。



圖四　供給液量 (l/ min)

培養液溶氧量對作物生長之影響，以番茄為例，如表五。由於溶氧量之增多，根長、株高，地上部與地下部乾物重均增加，表示番茄在溶氧量較多之7.9ppm時生長較低溶氧量時為佳。

表五　培養液溶氧量對水耕栽培蕃茄生育之影響

	溶　氧　度 (ppm)				
	0.39	1.20	2.05	3.90	7.90
最大根長 (cm)	7	18	30	37	49
根乾物重 (g)	0.23	0.53	0.70	0.74	0.78
葉乾物重 (g)	1.31	2.44	2.68	2.78	3.11
株　　高 (cm)	10.9	13.3	13.5	14.6	13.7

(四)原液之配製及保存技術

原液之混合，由於濃度太高，通常會有沈澱物生成。此種沈澱物係由溶解度較少之鹽類開始，尤其是肥料之特性若混合後生成溶解度低的物質，則沈澱更多，例如鈣鹽不宜與硫酸鹽混合，因為所形成的硫酸鈣溶解度極低之故，EDTA-Fe亦只能與鈣混合，若與其他元素混合，則EDTA-Fe本身的棕色會消失，並有沈澱生成。今將水耕養液肥料之配製分A，B液，組成如表六。A液配製時需先溶解EDTA-Fe於微酸性水溶液中，因在酸性中其溶解度較大之故，待完全溶解再投入$Ca(NO_3)_2$及$CaCl_2$，其稀釋倍數以1000倍為可行，溶液呈紅棕色，配製完成之藥品宜於陰涼低溫處保存，不應置於陽光曝曬及高溫的地方，B液亦是。B液配製時以濃鹽酸調節水樣之pH至2，因在酸性時金屬元素之溶解度較大亦較穩定，配製時以$CuSO_2$第一優先投入或先以小部分水溶解之後再混入，若不如此做，將使得硫酸銅結晶很難溶解，另市售硫酸錳其純度都不夠，溶解度亦差，其所謂的保証純度亦常有與記載不符之事實故配製前宜對其純度做一番分析，硫酸鋅亦然。此B原液之稀釋倍數以200倍為最佳，稀釋倍數太高易有沈澱生成，太低則原液體積太龐大，都不宜，由良好充分溶解之培養原液，加入配製培養液貯存桶內配製成使用之養液。配製時先加入貯存桶近需要調成pH6之水量，然後一邊攪拌一邊加入需要之B液量，B液加完後以同樣之方法加入需要之A液量，用攪拌加至預定貯存桶之水量，此時培養液pH僅略為下降，下降幅度不會超過0.1單位。

表六 新修訂的興大肥料研究室養液配方

元素		使用肥料	濃度（ppm）
A 液	Ca，N	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	40，28
	Ca	$CaCl_2 \cdot 2H_2+$	40
	Fe	EDTA-Fe	2
B 液	N	NH_4NO_3	40
	K，P	KH_2PO_4	13，10
	K	K_2SO_4，KCl	65（39，26）
	Mg	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	36
	Mn	$MgSO_4 \cdot 4H_2O$	1
	B	H_3BO_3	0.5
	Zn	$ZnSO_4$	0.02
	Cu	$CuSO_4$	0.05
	Mo	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	0.005

參考文獻

1. 山崎肯哉 1984 培養液の化學性 農耕と園藝編 野菜の養液栽培法 22～26。
2. 王銀波 1988 養液栽培之肥料與管理 鳳山熱帶園藝試驗所編養液栽培技術講習會專刊第一輯 59～70。
3. 王銀波，楊策群，吳正宗 1988 水耕栽培自動化及夏季蔬菜生產可行性之研究。
4. 古在豐樹 1987 養液管理方式の基本的視點 農業および園藝 62(1)：107～110
5. 伊東正 1986 西歐諸國における養液栽培の現狀と問題 農耕と園藝編 養液栽培新技術
6. 池田英男 1986 pH，EC測定器の使い方と培養液の調整 The水耕栽培 富民協會／每日新聞社 82～88
7. 佐佐木浩二 1986 水耕栽培に特徵的な病害，生理障礙とその對策 The水耕栽培 富民協會／每日新聞社 88～93
8. 武川滿天 1986 水耕栽培百科 富民協會。
9. 陳建初 1983 水質分析 九大出版社。
10. 高適正基 1986 野菜工場 丸善株式會社。
11. Cooper, A 1979 The ABC of Nutoient Grower Book, England
12. Hewitt, E.J. 1966 Sand and Water Culture Methood Used in the Stud of Plant Nutrient C.A.B., U.S.A.
13. Johns, J. B. 1983 A Guide for the Hydroponic Soilless Culture Grower. Timber Press, U.S.A.
14. Resh, H.M. 1985 Hydroponic Food Production. Woodbridge Press Pablishing Co., U.S.A.

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　69～77,1989

水耕蔬菜營養失調常見之症狀與診斷方法

李國權　林慧玲*

一、前　　言

養液栽培已有多年歷史，在園藝方面應用尤其成功。主要因為單位面積產量高，及可利用各種不能耕作土地從事作物之生產。近年來由於國內農業科技進步，國民生活水準提高，加之工業及農業污染日益嚴重，養液栽培技術應用於商業性生產已有逐漸普遍之趨勢，因為這項技術可以(1)無需特定土地；(2)具工廠化週年生產性；(3)迴避土壤病蟲害及連作障礙；(4)有效控制養分水分之利用，高密度栽培，年產量高，品質較好；(5)省力及輕勞動量。但水耕之缺點是初期生產成本高，病害發生時傳染快速，同時養液栽培如管理不善，常易發生作物營養失調之生理障礙，而造成重大之損失，因此正確而快速之營養診斷為水耕栽培成功的要訣之一。

二、養液栽培容易發生營養障礙之原因及症狀

養液栽培容易發生營養障礙之原因，主要有下列四項

(1)水耕液 pH 之變化：水耕液中若 pH 值過高（＞7），其鋅，錳，鐵等微量元素呈非可利用之形態而發生失調。pH 過低也可引起一些養分缺乏。適宜的 pH 值約在5.5到6.5視作物種類而定。

(2)養液之濃度：電導度（E.C）值過低，培養液內因養份含量不足而產生缺乏症狀，值過高時則易引起鹽害而阻礙生長與發育。一般作物以2.0為適宜範圍。

(3)水耕液之溫度與氣溫之影響：培養液之溫度過高，易導致水中溶氧量之不足，而養液溫度與氣溫之溫差過高則會影響根部吸收養份之能力，致使植物發生營養失調。

(4)配方之成份變動與水質劣化：有些養液緩衝能力較差易隨植物生長而產生成份上之劇烈變動，加之若根部分泌過多之有機酸，使養液 pH 值改變，致使植物對養份之吸收不均衡，養液之可利用離子濃度發生改變，而出現營養失調現象。茲列舉水耕栽培蔬菜營養失調症狀如下：

1.蕹　菜

缺　氮：以水耕方式誘導蕹菜缺氮症狀，處理四天後，子葉呈淡黃色，第九天下位葉黃化更趨明顯，且葉面積及株高均有減少之趨勢，植株生長不良。

缺　磷：[illegible]呈暗綠色，葉面積減小。

缺　鉀：蕹菜以缺鉀配方進行水耕栽培處理於第四天即出現新葉黃化，類似缺鐵症狀，此種缺鉀誘發缺鐵病徵，亦出現在玉米、馬鈴薯等作物。

缺　鈣：新葉葉脈黃化，心葉葉緣呈褐色斑點頂梢有頂燒之現象。

缺　鎂：處理後第十二天，成熟葉出現脈間黃化及黃色斑點。

---

* 國立中興大學園藝系教授及助教

缺 硼：缺硼處理第四天，蕹菜頂端均產生橫向裂痕而發生斷裂及木栓化，第九天，新生頂芽基部肥大，新葉變深綠而質地硬化，植株矮化，根部短粗，植株生育不良。

缺 鐵：缺鐵處理三天，新葉黃白化，末期出現壞疽斑且葉片變小而狹長。

2.小白菜與青梗白菜

缺 氮：葉色淡化，生長速率緩慢，葉面積及產量均顯著的較對照組低。後期病徵葉柄與葉脈處出現紫紅色色素。

缺 鉀：成熟葉葉緣處出現白色紙狀之壞疽斑。

缺 鎂：成熟葉脈間出現白色之壞疽，初期葉緣有綠環形成。

缺 鈣：生長嚴重受抑制，下位葉萎凋，新葉葉緣壞疽，根部發育不良。

缺 鐵：新葉白化，並有透明之壞疽斑點，植株發育不良。

缺 硼：新葉皺縮，質地變硬，植株矮化，葉柄出現木栓點。

3.番 茄

缺 氮：葉片變小，基部小葉發育不良，葉片淡綠，是為典型之缺氮病徵。

缺 磷：成熟葉出現褐色壞死組織，並向主脈蔓延。

缺 鉀：初期病徵葉緣發生黃化，進而產生淺褐色小斑點，漸漸擴大為片狀褐斑。並向脈間蔓延。

缺 鎂：由下位葉中肋部份向脈間黃化。此種症狀普遍存在溫室栽培之番茄。

缺 硼：葉片呈黃綠色黃化，植株易碎。末期病徵黃化處變為淡棕色。

缺 銅：葉緣褐化，組織呈淺褐色。

缺 鐵：葉片變淺綠，脈間黃化由基部向脈間蔓延，嚴重時葉片幾乎變白，並出現褐斑。

錳毒害：葉片出現褐色斑點（壞死組織）。

4.胡 瓜

缺 氮：葉片淡化，葉片變小。

缺 磷：完全展開的葉片葉緣黃化，初期為黃色，末期變為橙色及褐色褐斑呈不規則之排列。

缺 鉀：成熟葉葉緣黃化，並向脈間蔓延。

缺 鎂：中，下位葉脈間黃化，葉脈仍為綠色。

缺 硼：下位葉葉緣呈乳白色，葉片易碎。

缺 銅：脈間黃化，開始出現在葉緣，葉脈附近仍為綠色。

硼毒害：葉緣呈燙傷狀，此種症狀易發生於炙熱的天氣。

5.萵 苣

缺 氮：植株生長不良，下位葉葉色變淡，黃化，木質液硝酸鹽測定為4000 ug／ml（正常），缺乏株為 O ppm ，健全株總氮4.7%，缺乏株2.0%。

缺 鉀：老葉葉緣及脈間有嚴重的類似燙傷症狀。

缺 鈣：新葉葉緣有皺縮變形壞疽，有時生長點有壞死現象，而發生類似頂燒病之病徵。

缺 鎂：葉片出現粒狀大理石花紋黃斑。初期病徵由葉緣開始黃化，進面向脈間蔓延，嚴重時有紫色素出現，且植株嚴重矮化。

缺 錳：發生於整株植物，葉色淡化，而後脈間呈灰褐色壞疽斑。

缺　鋅：節間縮短呈叢葉狀，並出現如紙狀大面積之壞疽。葉緣及脈間呈暗褐色。

缺　硼：頂端壞死，新葉葉緣捲曲皺縮與缺鈣症類似，不同的是生長點壞死較嚴重，幾乎完全褐化而失去結球能力。幼葉變形，中肋部份硬化易碎。

6.草　莓

缺　氮：葉片變紅，主脈部分仍為綠色，嚴重時有壞疽斑出現，果實萼片處亦出現紅色色素，植株發育不良。

缺　磷：成熟葉呈暗綠色，老葉由葉緣始發生紫化現象，漸向脈間蔓延。

缺　鉀：葉緣脈間出現褐化燙傷之病徵。

缺　鈣：心葉褐化壞疽，成熟葉葉尖皺縮，變形，果頂部分種子密集，根部褐化。

缺　硼：幼葉頂端褐變，成熟葉脈間黃化，果實凹凸不平呈畸型狀，花瓣變小。

缺　鐵：新葉呈鮮黃色，嚴重時產生白化現象，葉緣及脈間出現褐色壞疽斑。

缺　錳：新葉脈間黃化，小脈仍為綠色，老葉葉緣及脈間出現嚴重之壞疽。

三、營養失調診斷之方法

營養診斷的方法很多，計有(1)目視診斷(2)簡易速測(3)養液供應法(4)植體分析(5)生化診斷(6)土壤分析等。在實際應用方面，常利用兩種或更多之不同方法，明確證實一種失調症狀。上述各種方法之中，植體分析，生化診斷及土壤分析需要昂貴之設備及相當長時間的人員訓練。目視診斷，快速簡便，但需相當的實際經驗，如能配合簡易速測法或養液供應法，將可成為養分含量診斷之有效工具。

(一)目視診斷法

植體內無機養分缺乏或過多時，新陳代謝遭受影響，生長受到抑制，葉片黃化及壞疽等症狀可在葉，莖，根，花，或果實部分顯現，可以做為診斷之依據。一般缺乏症狀比過多症狀較具特性，經學者整理後，已成為有效的診斷工具。根據養分在植物體的移動情形，可將缺乏症分為三類：

第一類作物缺乏症出現在老葉（下位葉）這是由於這類元素在植物體內非常容易移動，可自老葉轉運到幼葉的緣故。此類元素存在液胞中之量相當多，並非新陳代謝必須物質組成之一部份，鉀就是一例。

第二類作物缺乏症狀出現於上部幼嫩葉片，此由於這類要素在植物體內不易或很少移動，並為新陳代謝沒有密切關係之有機體之組成物，如果膠或木質素等物質。這類元素如鈣與硼。此外，微量元素如鐵，鋅，銅，錳等，在植物體內也屬於不易移動的要素，症狀也常出現於上部葉及幼嫩枝條。

第三類症狀在新葉與老葉均可發生，一般以老葉較為嚴重，此類情況發生在缺乏與新陳代謝有密切關係之元素，如氮，磷，硫等；當為儲存狀態時可被運送到地上部，當被轉變為細胞組成時，則不能轉運。

根據上述要素之運輸特性，再加以黃化或壞疽等表徵，可以做成檢索表（表一），以診斷標準化之症狀，但因同樣要素缺乏，在不同種類之植物，症狀可能不同，因此檢索表之用途有限，不如圖片有效。

另外水耕作物之根部分佈在養液之中，因此易於觀察。Ulrich氏（1980）等，利用水耕栽培

表一 礦物元素缺乏症狀檢索表

㈠容易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於下方成熟葉。
1.下方漸次枯死，莖細小，有時帶紫紅色素
(1)缺氮：氮是屬於移動速度較快的元素，缺乏時葉色變黃，葉片小而硬，黃化現象遍及全株，但下位葉有較嚴重之趨勢。
(2)缺硫：植株發生缺硫時與氮缺乏相似，亦發生黃化現象。
(3)缺磷：磷在植體內之移動性屬中等，故缺磷徵狀亦不集中於新葉或老葉，缺乏時葉片變小，葉色暗綠，分蘗受阻，有時莖，葉呈紅色。
2.下方葉變黃或呈黃斑，但葉脈保持綠色
(1)缺鎂：缺鎂時徵狀先出現於老葉，葉緣及葉脈間部份黃化，與葉脈周圍之綠色成明顯之對比。
3.下方葉變黃或生成棕色斑點
(1)缺鉀：鉀元素在植體內容易移動，發生缺乏時，可由老葉轉運至新葉，致使老葉葉緣及尖端變黃而焦枯，並逐漸向內擴展，但新葉可保持正常。
㈡不易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於新葉或局限於莖頂組織。
1.新葉變形，莖頂枯死
(1)缺鈣：鈣元素在植體內移動性小，缺鈣時老葉正常，但新葉及新根無法生長，新葉扭曲，葉尖白化，繼之變褐而枯死。
(2)缺硼：硼在植體內較難移動，缺乏時生長點停止生長，新葉變黃，質脆而枯死，葉柄木栓化或出現流膠。根部或莖部中心變黑，蕊葉多皺，果實畸形或出現木栓點及硬化現象。
2.莖頂組織或頂部生長點並不枯死
(1)缺鐵：老葉保持正常綠色，新葉黃白化。
(2)缺錳：新葉黃白化，但葉脈周邊殘留之綠色較缺鐵明顯。
(3)缺鋅：新葉變細小，頂葉叢生，脈間黃化。

誘導草莓之氮，磷，鉀，鈣，硫等元素缺乏症狀並比較根部形態、顏色、長短、亦可做為診斷之依據。

㈡簡易速測法

關於簡易快速測試，目前已由西德 Merck 公司發展出幾種廣泛應用試紙，利用樹液與試紙之呈色反應，可快速估計植體內各元素之濃度。另一種組織切片快速診斷，將組織切片經化學藥劑染色後，利用低倍光學顯微鏡，觀察各種元素形成結晶之多寡，以估計植物體內要素之含量。

㈢養液供應診斷法

經過上述各種方法之鑑定，如發現作物之症狀，係由元素之缺乏所引起，則可以葉面施肥或水耕液添加含有該項元素之物質，使之復原，此一方法可以進一步證明診斷之正確性。表二及表三為各種蔬菜養分缺乏之敏感度，類似病徵及補救方法，供作參考。

三、結　　語

本省蔬菜養液栽培有愈來愈普遍的趨勢。因為蔬菜生產迅速，容易出現失調症狀，症狀出現時需要迅速提供應對措施。目視法診斷快速簡便，但需相當之實際經驗；如果配合速測及養液供應診斷法，則可達到快速正確之效果及時加以補救。

表二　巨量元素缺乏之敏感蔬菜種類、類似病徵及補救方法

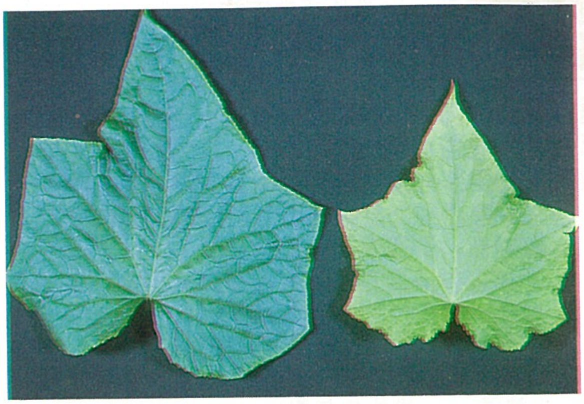
	缺　氮	缺　磷	缺　鉀	缺　鈣	缺　鎂
敏感種類	除含根瘤菌之豆科植物外所有種類均易發生	胡蘿蔔、萵苣、菠菜、水芹、蠶豆、青花菜、菜豆、洋蔥、甜玉米、蕪菁	菠菜、蠶豆、青花菜、花椰菜、菜豆、韮菜、萵苣、洋蔥、蘿蔔	芹菜、萵苣、抱子甘藍、甘藍、甜玉米	花椰菜、萵苣、青花菜、甘藍、胡蘿蔔、捲心芥菜
類似病徵	寒害（如甘藍葉呈紫紅色），根部受害（如線蟲）乾旱及浸水	低溫、乾旱	缺鎂、氯過多（常見於以自來水為水源者）	凍害、殺草劑（benzonitrile殺死生長點，thio-carbamate造成杯狀葉）	缺　鉀
補救方法	葉面噴施肥尿素（＜2％）或添加硝酸鈣或硝酸鉀於水耕液中。	葉面施肥吸收緩慢且易造成毒害，添加適量之磷酸一鉀於水耕液。	以硫酸鉀2％進行葉面施肥，添加硫酸鉀或氯化鉀於水耕液。	葉面施肥以小於1％之硝酸鈣或0.4%氯化鈣噴施，或直接添加於水耕液中。	噴施2％硫酸鎂或添加於水耕液中。

註：蔬菜名稱下劃線者為最敏感種類

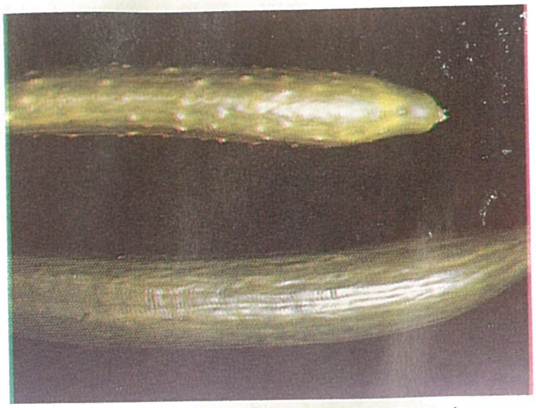
表三　微量元素缺乏之敏感蔬菜種類、類似病徵及補救方法

	缺　鐵	缺　錳	缺　鋅	缺　銅	缺　硼	缺　鉬
敏感種類	甜玉米、水芹、蕓苔屬、菜豆、豌豆、紅甜菜	菜豆、洋蔥、豌豆	菜豆屬、芹菜、洋蔥、甜玉米、甘藍、豌豆、菠菜	胡蘿蔔、萵苣、洋蔥、蠶豆、蕓苔屬、芹菜、豌豆、蘿蔔、菠菜	花椰菜、芹菜、紅甜菜、菠菜、瓜類、抱子甘藍、蘿蔔、胡蘿蔔	花椰菜、菠菜、抱子甘藍、萵苣、洋蔥、紅甜菜、蕪菁
類似病徵	缺錳殺草劑Paraquat易造成新葉白化	缺鐵或缺鎂（發生於短莖作物老葉之病徵）	—	—	根部受傷害殺草劑（benzonitrile 2-4-5 T）	缺氮（不能利用硝酸態氮
補救方法	葉面噴施0.05% Fe-EDTA或添加於水耕液中	以硫酸錳0.1～0.2％進行葉面施肥或添加於水耕液中。	葉面噴施硫酸鋅（0.1～0.5%）或添加於水耕液中	葉面噴施硫酸銅（0.1～0.2%）或添加於水耕液中	葉面噴施硼砂（0.1～0.25%）或添加於水耕液中	葉面噴施鉬酸銨（0.03％）、或鉬酸鈉（0.07～0.1%）或添加於水耕液中

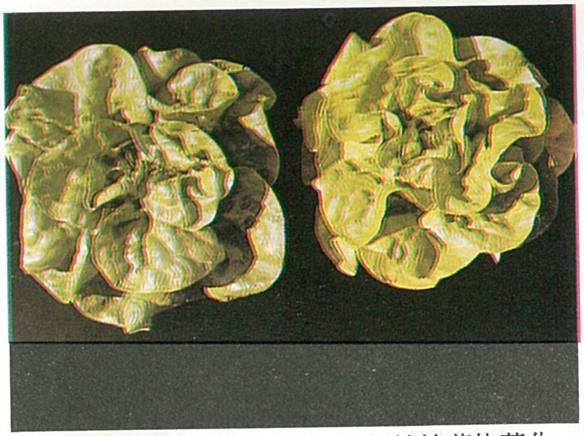
註：蔬菜名稱下劃線者為最敏感種類



圖一 胡瓜缺氮；左；對照
右：缺氮株葉面積減小，葉色淡化

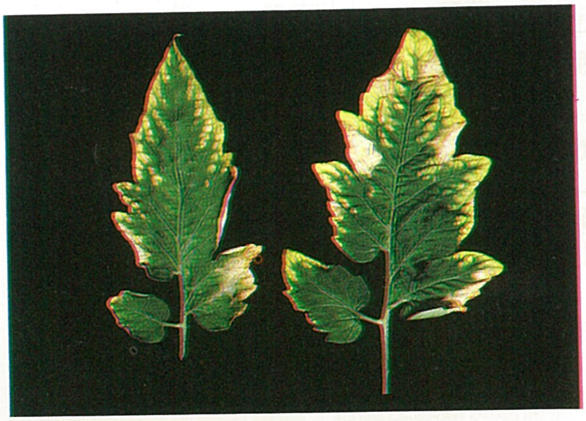


圖二 上：胡瓜缺氮果實黃化變小
下：健康果實



圖三 萵苣缺氮：右：缺氮植株葉片黃化
左：對照植株

圖四 胡瓜缺鉀，葉緣黃化
，並向脈間蔓延。



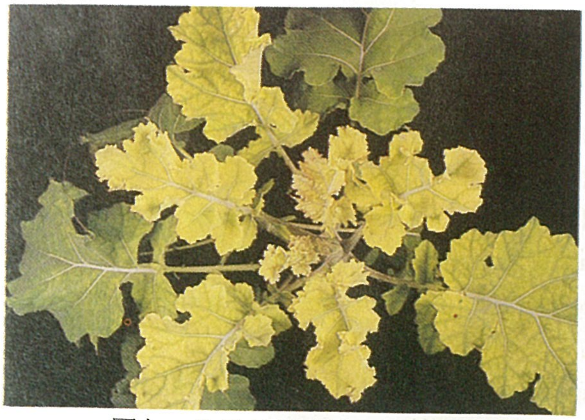
圖五 番茄缺鉀，葉片邊緣黃化，進而產生
淡棕色壞疽斑紋。

圖六 胡瓜缺鈣，新葉向內翻捲呈杯狀，
並出現嚴重之黃化現象。

圖七　番茄缺鎂，中、下位葉葉片脈間黃化。

圖十　草莓缺鐵，葉片黃白化，葉緣壞疽。

圖八　番茄缺鐵，新葉黃化。

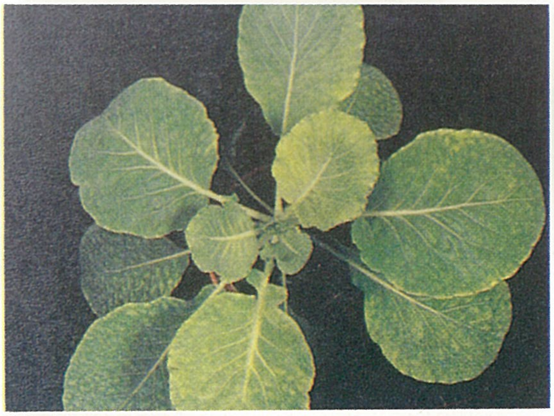


圖九　抱子甘藍缺鐵新葉黃白化。

圖十一　蕹菜缺硼（處理九天），頂稍斷裂，新生頂芽基部肥大，根生長不良。

圖十二 白菜處理缺硼第四週，新葉皺縮變形，葉柄木栓化。

圖十三 甘藍缺硼，新葉邊緣壞疽。



圖十四 甘藍缺錳，新葉黃化，並出現黃色斑點。

圖十五 番茄硼毒害，花萼尖端焦枯，並向上翻捲。

參考文獻

1.林慧玲 劉順禮 林深林 李國權 1986 木瓜營養缺乏症狀調查研究興大園藝 No.11：29—38。

2.林慧玲 林深林 葉大振 李國權 1987 印度棗營養失調症狀調查興大園藝 No.12：39—48。

3.連深 1981 作物營養障礙徵狀 作物需肥診斷技術。台灣省農業試驗所特刊13號66—65頁。

4.山崎傳 1966 微量要素と多量要素 博友社 日本，東京。

5.Hoagland, D. R. and D. I. Arnon. 1950. The Water-culture methodfor growing Plants Without soil. California Agricultural Experiment Station.Circular 347.

6.Resh, H. M. 1983. Hydroponic food production. Woodbridge Publishing Co., Santa Barbar, Calif.

7.Scaife Alan and Mary Turner 1984. Diagnosis of mineral disorders inPlants. Volume 2. Vegetable. Chemical Publishing, New York.

8. Ulrich Albert, M.A.E Mostafa, William W. Allen 1980 Strawberry deficiency symptomsa visual and plant analysis guide to fertilization. Agricultural Experiment Station University of Californian Division of Agriculture and Natural Resources. Bulletin 1917.

9. Wallace, T. 1964. The diagnosis of mineral deficiency in plants by visual symptoms. Her Majesty' s Stationery Office, Landon.

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　78～87, 1989

固體介質之養液栽培

李　哖*

一、前　　言

世界工商業發達的結果，人口向都市集中，都市裡的人遠離自然，希望看到人以外的生命與自然色彩，於是盆花（potted flowers）、花壇植物（bedding plants）、觀葉植物（foliage plant）、室內造景（interior landscaping）及盆栽苗圃業應運而生。除消費者的需求外，地價與工資的上漲，使生產者，須謀求最有利的經營方式，而盆栽植物，可以延長栽培季節與販賣時間，易於搬運與控制栽培環境因子，並能有效地運用生產土地與人工。作物連土帶盆包裝美化後出售，增加可售範圍，是一方興未艾有利可圖之新生產方式，台北市建國假日花市，即以出售盆栽者為主，對花農收益及提升國民生活品質貢獻良多。

栽培介質應具有貯存養分、保持水分、通氣良好及固定植物之作用。一般花卉作物若栽植於田裡，與一般作物相似都能長的不錯，但若將土裝於盒，盆底即是地下水位，而一般的花盆高度在18～5cm間（如育苗聯盆其高度祇5cm而已）若介質顆粒小，由於毛細現象，則淺盆者幾乎是水浸狀，為改善通氣性，必需採用較粗質地（texture）者。又盆土容量有限，需經常澆水，常造成嚴重養分流失問題。故介質需選擇保水力強、通氣好、貯養力高之栽培介質，且不宜太輕使植物易倒伏，也不宜太重，不利搬運，同時具相同品質容易獲得，不具有害物質而價格合理者。如此，一般土壤難於滿足上述條件，無土栽培乃起而代替傳統的砂壤腐葉等有機物混合之培養土。

溫室裡的切花，大多採用低床或高床生產，在1950年以前，經常更換土壤，以防土壤因集約栽培所發生的連作問題。因工資昂貴又好土不易求得下，至1950年後，土壤的消毒技術（soil pasteurization）建立後，就不須更換土壤了。近年發展養液栽培（nutriculture），可高度自動化及控制作物養分，免於土壤消毒，這種技術，亦是無土栽培之一種，值得溫室切花生產者之參考。在蘭花的無菌播種及組織培養更是無土栽培技術之一種。若要瞭解固體介質之施肥，首先得瞭解各種根生長固體介質之特性，其施肥方法、成分與量，須依作物、季節、介質特性而修正之。

二、根生長介質之特性

(一)有機物之穩定性：

介質內含有硬木屑、甘蔗渣等有機物易於分解者，介質體積容易減少，使物理性狀變劣，最好採用分解較慢者，如水苔泥炭土。

(二)碳氮比：

有機物中主要的成分是碳，其碳氮比最好在30左右，若超出30，應多加氮肥。如木屑其碳氮比約1000：1，則每加入一噸木屑，應多加入12kg的氮，以供微生物分解木屑時所需之氮源，免與作物競爭介質中之氮源而使作物有缺氮之虞。樹皮之碳氮比約為300：1，則每噸樹皮應加入

* 國立台灣大學園藝系教授

3.5kg的氮肥。

㈢介質之體積比重：

介質太輕、花盆易倒，太重不利機械操作及搬運，認為適宜的體積比重在浸水後640～1,200 g／dm^3（表一）。台灣栽植蘭花介質中，放入碎石，可增加通氣性，防倒伏及供應一些礦物元素，可說是物美價廉，但保水力差、太重、體積又大，不雅觀是其缺點。若栽植吊籃，質輕是重要條件之一，採用用蛭石、水苔泥炭及真珠石則甚理想。

表一　土壤及各種介質之物理性質

材料	體積比重 乾比 gm/ dm^3	體積比重 濕比 gm/ dm^3	保水力 %	排水後之容氣量
粘壤	941	1,493	54.9	4.7
砂壤	1,586	1,952	35.7	1.8
水苔泥炭	104	693	58.8	25.4
真珠石	96	394	47.3	29.8
蛭石 0—3/ 16″	109	640	53.0	27.5
稻殼	102	229	12.3	68.7
細砂	1,496	1,840	33.7	2.5
木屑	174	669	49.3	27.9
粘壤/ 水苔泥炭	541	1,163	61.0	10.0
細砂/ 樹皮 0—1/ 8″	845	1,224	37.4	15.2
細砂/ 水苔泥炭	739	1,213	47.3	9.4
細砂/ 木屑	920	1,299	40.5	12.1
水苔泥炭/ 真珠石（3/ 16－¼″）	110	600	51.3	23.6

㈣保水力和通氣性：

選擇的介質，在澆水後含水量依體積比在35～50％，而空氣佔10～20％為適。由表一觀之，粘壤、砂壤和細砂雖保水力好，但通氣性太差，而水苔泥炭、真珠石、蛭石和木屑則保水通氣均佳，單細砂通氣性不佳，若拌入樹皮或水苔泥炭或木屑，則通氣保水性大為增加。稻殼則保水力甚差。

㈤陽離子交換能力：

介質中的有機物、蛭石和土壤中的粘粒具負電荷，可吸附陽離子如銨態氮、鉀、鈣、鎂、鐵等陽離子，陽離子交換能力（cation exc-hange capacity, CEC）表每100cc乾介質中含多少毫當量（millieq-uivalent）的陰離子電荷。一般而言CEC在6～15me／100cc甚為理想。水苔泥炭、蛭石及粘土CEC都高，而砂、真珠石、稻殼及保利龍之CEC則低。新鮮樹皮及木屑之CEC祇有8me／100g，但當堆積後其CEC可增至60me／100g或以上。

㈥pH：

含土壤之pH在6.2～6.8為宜，但無土介質則應在5.4～6.0之間。水苔泥炭和松樹皮是酸性、砂和真珠石是中性，而蛭石和硬木屑則常呈鹼性。在種植之前，培養土應調整pH，太酸者以白雲石粉（dolomite）調配之。

三、無土介質的成分

㈠無機成分：

包括砂、真珠石、蛭石、煤渣、礦渣、浮石及鍛燒粘土等，其主要作用在增加介質中大孔隙之數量，以促進介質之排水及通氣性。

1.砂（Sand）

砂可增加介質中較粗之質地而增進介質之排水性與通氣性，粒徑0.05～2.0㎜者均屬之，但以0.25～0.5㎜最適合用於盆栽介質中，太小反而會填滿小空隙使介質之結構更加緊密。砂不會引起化學或生物變化，不具緩衝力（buffer），含有極微量養分，保水力與陽離子交換能力極低，價錢低廉但非常重（約100磅／立方英尺），通常用量佔介質體積的25%以內，以減少搬運費用，其主要功用在增加介質通氣性與排水性，並固定、支持植株，使花盆不易被風吹倒。

2.蛭石（Vermiculite）

蛭石是由類雲母（micalike）之矽酸鹽礦物經760℃～1000℃的高溫加熱膨脹為無數互相平行的薄片，薄片之間可保存水分與養分，並且表面有無數負電荷，故陽離子交換能力甚高，可達20～30meq／100g。依產地可分兩種，一為美國蛭石，一為非洲蛭石，其pH值在7～9間。台灣市面出售的蛭石，原石來自非洲，其成分含二氧化矽（SiO_2）42.2%，三氧化二鋁（Al_2O_3）19%，三氧化二鐵（Fe_2O_2）14%，氧化鈣（CaO）2.08%、氧化鎂（MgO）12.75%、氧化鉀（K_2O）3.38%，可見含鎂量高，可供植物全部之鎂需求量，鉀含量也可供植物部分需求。蛭石拌入土中可使介質的pH值與鉀、鎂、鈣之含量增高，磷含量降低，使植株之鉀含量增高，但會降低其鈣含量。

蛭石之保水力與保肥力極佳，通氣性好，質輕（7～10磅／立方英尺），故為極佳的無土介質之一。但其結構疏鬆易受外力破壞，而嚴重降低其通氣性，故不宜與土壤共同使用，適用於短期（3～4個月內）之盆栽，並為極佳之播種介質，在商業上常與水苔泥炭共同使用於花壇植物之栽培。

3.真珠石（Perlite）

真珠石又稱白硅石、白硅素，原石出產於日本與希臘。市售之真珠石由希臘進口原石將此矽酸鋁火山岩先經粉碎，再經760℃～982℃的高溫加熱，使粒子內的水分變成蒸氣而膨脹成白色小球，並且有無數封閉而充滿空氣的小室，可浮於水面。真珠石本身並不會吸水，但水分可附著於顆粒表面，可攜帶本身重量3～4倍的水分。pH值約為7.0～7.5，近中性，不引起化學變化，不具緩衝力，無陽離子交換能力，不影響介質之酸鹼度，品質一致，無病蟲害，不腐化或分解，與土壤混合使用不易擦破變碎。

真珠石極輕，僅6～8磅／立方英尺，可取代笨重的砂而增加介質的通氣性，潮濕時極易與其他成分混合均勻。其成分主含二氧化矽（SiO_2）75.5%、三氧化二鋁（Al_2O_3）15.3%、三氧化二鐵（Fe_2O_3）0.9%、氧化鈣（CaO）0.12%、氧化鉀（K_2O）4.0%和氧化鈉（Na_2O）3.5%，其

中鉀、鈉、鈣、硼可供植物生長所需，但若用於觀葉植物，則其內所含的鈉、鋁及一些可溶性氟可能會傷害葉片，使用前應充分以水淋洗。

4.鍛燒粘土（Calcined clay）

係由粒徑均一的蒙特石（montmoril lonite）粘土礦物經740℃～760℃之高溫鍛燒而成，具有多數孔隙，其陽離子交換能力及保水、保肥力均高，不含病蟲害或草籽，每立方英尺重約38磅，性質穩定不分解，能抗緊壓，適用於栽培期較長的盆栽介質，多半以介質體積10～20%之比例拌入使用，主要功能在增加介質之通氣性。

5.煤渣（Cinders）

煤渣具有多量孔隙並具有粒狀結構，能使介質產生較大的空隙，其陽離子交換能力及保水、保肥力均低，但含大量硫酸鹽，使用前應先堆積一年並篩除顆粒過大或過小者，故價錢雖然低廉，但因需要沖洗脫鹽及過篩而增加成本，無法與真珠石或蛭石競爭。於介質中拌入50%的煤渣可使排水及通氣性大為提高。

6.礦渣、浮石（Acoria，pumice）

礦渣具有多數孔隙，重約30磅／立方英尺。浮石為火山熔岩經快速冷卻所形成，重量極輕，可取代真珠石使用。

7.岩綿（Rockwool）

在1970年代由丹麥公司最早製成，主要岩石是Diabas，當加溫至1600℃岩石熔解，經高速旋轉成小滴再將之拉成纖維狀，冷卻壓縮成塊。其他化學成分與一般土壤化學成分相似，含二氧化矽（SiO_2）47%，三氧化二鋁（Al_2O_3）14%，二氧化鈦（TiO_2）1%，氧化鐵（FeO）8%，氧化鈣（CaO）16%，氧化鎂（MgO）10%，氧化錳（MnO）1%，氧化鈉（Na_2O）2%和氧化鉀（K_2O）1%。無毒無菌，岩綿塊含空隙97%，保水力82%，不具陽離子交換能力，pH7～8.5，但若施以微酸性肥料，很快就可降到pH6，現在荷蘭、法國與日本均有生產。台灣最近由日本引入，用於蝴蝶蘭之栽培效果甚佳，優於泥炭土、椰子殼等有機介質。

8.有機合成物

保利龍碎片或粒狀物、泡綿（商品名為Oasis）、尼龍纖維類（商品名為人造土），雖是有機合成物，當介質用時其性質類似無機物。保利龍碎片性質類似真珠石，質輕，具改善介質通氣及比重，應用於蘭及觀葉植物栽培效果甚佳。泡綿吸水性及通氣性類似岩綿，應用於扦插繁殖及栽培火鶴花、蘭類效果極佳。而台灣出產的〝人造土〞，係將紡織業之廢棄物中之人造纖維加工成顆粒狀，吸水通氣性佳，現廣泛用於蘭之栽培及屋頂花園，上述三類均不具陽離子交換能力，長期栽培，養液管理較容易。

㈡有機成分：

可用於盆栽介質的有機成分包括泥炭、樹皮、木片、木屑、稻殼、花生殼、稻草、垃圾堆肥、甘蔗渣、污泥等。

1.泥炭（Peats）

泥炭大致可分為三大類：水苔泥炭（peatmoss），呈淺黃褐色～褐色，多來自水苔（sphagnum）或立灰蘚（hypnum moss）。其pH值在3.0～4.0，含氮1～2%但不被視為肥料來源，且其本身分解很慢，所以不會發生因氮被微生物固定而使值物缺氮之情形；含磷0.02～0.1

%，鉀0.02～0.08%，鈣0.12～1.78%。陽離子交換能力及保水力很強，可保存其體積60%或乾重10～20倍的水分，但乾燥時非常不易吸濕，故介質中應拌入展著劑（wetting agent）。在介質中加入25～75%的水苔泥炭，可增加粘重土壤之排水性與通氣性，亦可增加輕鬆介質之保水保肥力。介質中拌入泥炭者，植株葉片中鎂及鐵含量會增高。

蘆葦莎草泥炭：呈紅褐色～褐色，多由蘆葦、莎草等沼澤植物所形成，分解程度較高；pH 4.0～7.5，質細且分解快速，不宜用於盆栽介質。

腐植泥炭（Peat humus）：呈紅褐色～黑色，由前二種泥炭所構成，分解程度最大，pH 5.0～7.5，保水力最低，含氮2.0～3.5%，不宜種植對鹽分敏感植物或作為播種之用，當被微生物分解時，會放出銨態氮而對小苗、非洲菫、金魚草、杜鵑等植物有害。泥炭產於潮濕冷涼地區，尤以北歐之芬蘭及北美洲之加拿大等靠近北極圈之地區所產者最優良。台灣之埔里雖也有少量出產，品質不佳，不適用為盆栽介質。

水苔泥炭多於北方沼澤地區形成，以加拿大所產之水苔泥炭，約每300年生成一呎厚，距地表愈下者生成的愈早，上面的生成時間較短，深50呎處之水苔泥炭，則約於15,000年前生成。生成較久者色深，纖維較細，生成年代較近者色淺，較輕，通氣性較好（表二），可說品質優於色深者。一般泥炭土開採公司，將水苔泥炭開採後設法把水分降到35%，再打包。為方便園藝用途，常加入白雲石粉調pH至5.5，有者再加入肥料。

表二 深淺兩種水苔泥炭土之物理性狀

	體積比重 kg/ ㎥	孔隙度 %	空 隙 %	含水量 %
淺色水苔泥炭	40～ 58	95～97	15～40	55～82
深色水苔泥炭	80～130	92～96	12～25	67～83

2.樹皮（Barks）

樹皮為木材廢棄物之一，目前已被廣泛地應用於盆栽介質，可取代水苔泥炭及土壤，價錢非常低廉，使用前雖要經過堆積，但其成本在美國為進口水苔泥炭的1／4～2／3左右，盆栽介質中常用者為粒徑在一公分（3／8英寸）以下之樹皮，有抑制線蟲生長之效。樹皮之分解與其碳氮（C／N）比有關，樹皮的碳氮比約為300：1，與土壤混合，土中之微生物會分解樹皮組織而利用其中的碳和氮，若樹皮含氮量不足供微生物利用，則會與植物競爭土壤中的氮而易造成植物缺氮的情形，尤以分解初期最嚴重。樹皮上若附有形成層及木材等組織，則分解更快，更加強了氮固定之問題。此外有些樹皮含有各種　類化合物，會抑制植物生長，而且新鮮樹皮之離子交換能力低，僅8meq／100g，故保肥力不好。樹皮經堆積分解後，陽離子交換能力達60meq／100g以上，並可除去其中所含之　類化合物。堆積分解期間會產生熱，可除去有害之昆蟲、線蟲、病原體及草籽；經3個月～1年的堆積後再拌入銨態氮經4～6週堆積即可使用。

3.木屑（Sawdust）

木屑是最常被用為栽培介質之木材副產品之一，介質中1／2～2／3的泥炭可用木屑取代，對小苗生長並無不良影響。木屑之pH值與是否含有有毒之單寧酸、松脂或樹脂，乃視樹種而異，

使用時應選擇樹種，以避免毒害之發生；硬木（hardwood）屑常含有有毒之　類物質，經堆積44天以上或以蒸氣加熱除去大多數的對植物有毒物質（phytotoxins），而小苗對此類毒素之敏感性則視植物種類而定，如非洲鳳仙花小苗的介質若木屑含量超過1／3，則長不好。播種介質以不採用為宜。

木屑之特性與樹皮相似，其碳氮比為1000：1，若拌入土中會造成嚴重缺氮。硬木屑顆粒較細，分解快，故其缺氮之情形較木屑嚴重。木屑堆積於底層者，可能會因未受到淋溶作用（leaching），又發酵時無足夠的氧氣，產生揮發性有機酸傷害植物，此種木屑顏色較深且具有尖銳之辣味。木屑之堆積常拌入氮肥，堆積分解一個月後會呈酸性，故要拌入石灰物質，而木屑在完全分解後則近於中性。各種介質拌入木屑均會改善介質之物理性質，木屑分解後其團粒性及陽離子交換能力均會增加，而木屑含有大量之木質素，故比一般有機堆肥更持久。選擇木屑使用應選擇堆積越久之軟木屑越好。在台灣以福州杉木屑最易獲得，效果也最好，與砂混合，若澆水施肥恰當，可生產極佳之盆花。

4.稻殼（Rice hulls）

稻殼為農產品廢棄物之一，其優點為便宜、質輕而可減輕介質13～19%之重量，排水性與通氣性佳，不會影響介質之酸鹼度，可溶性鹽類或肥分低，不易分解，但若予以蒸氣消毒會釋出錳而對植物有害，使用前常半熟化（parboiled）以除去病害，由於稻殼的的碳氮比高，施用時應增加氮肥10%之用量。稻殼對改善粘重土壤之通氣性有極佳之效果，但用量應少於介質體積之25%。經碳化的稻殼拌入介質中無需增加氮的用量，若碳化過度，顆粒粉碎則無法改善通氣性。

5.花生殼（Peanut hulls）

花生殼亦為農產品廢棄物之一，具有質輕、抗分解等特性，並具多量纖維，常拌入栽培杜鵑之泥炭中，以增加介質之排水與通氣性。盆栽菊花之土壤中拌入20%之花生殼，植株品質與種於土／泥炭者相近，故花生殼亦可取代水苔泥炭而降低成本。但花生殼可能帶有寄生性線蟲及土壤病原菌，故應以溴甲烷或蒸氣消毒後使用。台灣工技學院曾製出胺化花生殼，以之拌砂與杉木屑，可使草花生長良好。

6.甘蔗渣（Bagase）

甘蔗渣為農產品廢棄物之一，具有高度的保水力，含糖量高，且因其碳氮比高，分解快速，用於容器栽培常造成介質之通氣不良與體積縮小，通常僅限於短期栽培時使用。完全腐熟之甘蔗渣，使用量佔介質體積之20%以下，並增加氮肥用量。台糖所產之甘蔗渣亦可用於無土介質，但效果不若杉木屑。

7.垃圾堆肥（Garbage compost）

垃圾堆肥為都市之廢棄物，經三週之處理便可使用，其用量為介質體積之25～30%為宜，一般垃圾堆肥大約含0.5%之氮、磷、鉀及一些硫、鈣、鎂、銅、鋅、硼、鐵等元素，拌入介質中可增加pH值及磷、鉀、鈣之含量；用於栽培菊花可增加花朵數並提早開花。目前本省垃圾問題嚴重，可惜因無垃圾分類制度，故其堆肥不易利用，若能實行分類制度（如歐美、日本然），則可利用其有機物作堆肥解決部分垃圾出路問題，並可將不易分解之物（如玻璃瓶、塑膠袋）另外處理，解決公害，一舉數得。

8.污泥（Sewage sluge）

脫水下水道污泥性如泥炭土，可為有機介質，也具有緩效性肥料之功用，在介質中拌入1／3

用量對草花及盆菊非常理想，但切記不要種葉菜類，以免重金屬累積太多於菜葉，有傷人體健康。

9.蛇木屑

杪欏科（Cyatheaceae）的植物都是多年生的喬木狀的蕨類，其莖直立，外表常被有纏結堅固的不定根，取下這些不定根分離或細碎以後，即稱為蛇木屑，是台灣地區種植蘭花的重要介質。台灣產的杪欏科植物有杪欏屬六種和筆樹屬（Sphaeropteris）一種共七種。其中以筆筒樹和台灣杪欏最普遍。

四、無土介質的選擇

大部分良好的花卉盆栽介質是由兩種或兩種以上成分依不同比例混合而成，其物理化學性質較單獨使用一種成分當盆栽介質要好。在選擇盆栽介質時要考慮操作方便、價格便宜、性質一致、無毒性、質地輕、陽離子交換能力高、通氣性佳、保水力強、適當的碳氮比和pH值，和耐衝擊等。以觀葉植物為例，其標準盆栽介質之物化性質如表三。

表三　標準觀葉植物盆栽介質之物化性質

容積比重	0.30～0.75 gm/ cm^3（乾重比）；0.60～1.2 gm/ cm^3（濕重比）
保 水 力	佔體積之20～60%
總空隙度	排水後之空隙佔體積之 5～30%
pH 值	5.5～6.5
陽離子交換能力	2～40 me/ 100g（乾重比）

下面建議一些花卉的盆栽介質混合比例：

(一)康乃爾大學觀葉植物盆栽介質

1.適用於喜歡潮濕之觀葉植物

水苔泥炭：蛭石：真珠石＝2：1：1

2.適用於耐旱而需通氣性良好的觀葉植物

水苔泥炭：真珠石：樹皮＝1：1：1

泥炭土：真珠石：樹皮＝1：1：1

(二)夏威夷大學盆栽介質，適用於需通氣良好的植物

刨木屑：煤渣＝1：2

(三)德州農工大學觀葉植物栽培介質

水苔泥炭：真珠石＝1：1

(四)佛羅里達大學盆花栽培介質

(1)水苔泥炭：樹皮：刨木屑＝2：1：1

(2)水苔泥炭：樹皮＝1：1

(3)水苔泥炭：砂＝1：1

(1)的通氣性比(2)好，(3)適用於大容器。

㈤台灣大學之花卉無土介質

1.水苔泥炭：真珠石（粗）＝1：1蘭花栽培，亦可採用岩棉：保利龍碎片＝4：1，或Oasis

2.水苔泥炭：蛭石：真珠石（細）＝2：2：1草花播種介質及吊籃

3.水苔泥炭：真珠石：蛭石：蛇木＝1：1：1：1蕨類植物及蘭花

4.砂：杉木屑＝1：1一般草花

五、無土介質之施肥法

以水苔為主或以樹皮為主的無土介質，在配製介質時，拌入過磷酸鈣（0～20～0）2.7kg／㎥、白雲石粉6kg／㎥，不易溶解的微量元素肥料，及展著劑110g／㎥。此時介質中已含有磷、鈣、鎂、硫及微量元素，以後澆水時把最易流失也需要最多的氮和鉀肥施入，氮和鉀各200ppm適用於一般花卉作物如菊、香石竹等。硝酸鉀為鉀源優於氯化鉀；100公升水中溶入硝酸鉀56g，和硫銨62g或尿素31g或硝酸銨37g或硝酸鈣114g，就可得鉀和氮各200ppm的肥料液（表四）。此肥料液可濃縮成100～200倍，待用時再稀釋。氮肥中，硝酸態氮與銨態氮之比以7：3至1：1為適。加州大學的液肥以採Hoagland氏配方為主，而康乃爾大學則採一週施用200ppm的氮和鉀（由硝酸鉀和硝酸鈣配成），另一週則施用Peters（20-20-20）1g／ℓ。主要施用次數及濃度依作物及生育狀況而定。在溫室快速生長的作物，每次澆水均以肥料液施用。商品上有緩效性肥料如Osmocote,Nntricote拌入介質效果更佳。

近年發展之養液栽培（nutriculture），主要有NFT（Nutrientfilm technigue）系統及岩棉栽培（rock wool culture）。岩棉栽培係採開放式，養分不回收重用，可省設施費及病害傳染問題，其養水分以滴灌供應，其量依作物需要量及蒸發量而定，對養水分浪費甚少，此法在荷蘭非常適用於玫瑰生產，而加州聖誕紅母株以岩棉栽培法效果也很好。在蘭花的組織培養或無菌播種所供給的養分更是齊全。

生產盆花與花壇苗物（bedding plants），須具良好栽培介質與適當施肥，一般花卉生產先進國家，均建議將平衡的可溶性肥料（balanced water soluble fertilizer）配入灌溉水中施用。以硝酸鉀、硝酸鈣、銷酸銨及磷酸二氫銨最為常用；因磷和鈣肥不易流失，若先拌入土壤或無土介質（soilless mix），或拌入緩效性肥料（slowreleasing fertilizer），則以後祇施鉀和氮液肥，便可生產一般花卉作物。

矮牽牛是歐美最普遍栽培之花壇植物，在臺灣於秋冬可當花壇苗物出售，冬春可當盆花、吊籃或花箱出售。盆土採用河砂（粒徑0.5～1㎜）與杉木屑各半混合介質，其生育不亞於蛭石與水苔混合介質，更優於砂壤拌入堆肥者。無土之砂耕或泥炭與蛭石混合介質，施用銨態氮均有銨毒害現象，以土壤栽培者，銨毒害現象較輕微。尿素肥效與硝酸態氮（NO_3-N）相近，而多種植物均以NH^+_4-N與NO^-_3-N在適當比例下生育最佳。臺灣肥料公司所出肥料，氮肥以硫銨和尿素為主，鉀肥以氯化鉀為主硫酸鉀為輔，先進國家推薦用於花卉作物之硝酸鉀、硝酸鈣、硝酸銨及磷酸二氫銨均付闕如。又從鉀肥之肥效而言，由短時間之鉀吸收試驗，植物對KNO_3之K^+和NO_3^-的吸收，均較同濃度KCℓ和K_2SO_4之K^+及Cℓ$^-$，SO_4^{-2}的吸收為多，長時間的生育觀察，燕麥也以KNO_3優於K_2SO_4和KCℓ，且以KCℓ和（NH_4）$_2SO_4$組合生育最差。施用KCℓ易造成生理性缺鉀（physiologicalpotassium deficiency），肥效不如K_2SO_4。K_2SO_4肥料係天然產物，其不純物在濃縮液中常不易溶解，又水中含Ca，遇SO_4^{-2}則成$CaSO_4$沈澱，致少用於管路施肥。

表四 不同氮和鉀源組成200 ppm 氮和200 ppm 鉀，配製100公升肥料液所需肥料量[3,2]

鉀　源	氯化鉀（KC1）	硝酸鉀（KNO_3）	硫酸鉀（K_2SO_4）
1公升溶液含1 ppm K所需 gm 數	0.00205	0.0028（同時含0.36 ppm N）	0.0025
200 ppm K配100公升所需 gm 數	41	56	50
氮　源〔1公升溶液含1 ppm N所需 gm 數〕	與鉀源配成200 ppm N於100公升肥料液所需氮源		
硫　銨（$(NH_4)_2SO_4$）（0.00486）	97	62	97
尿　素〔$(NH_2)_2CO$〕（0.0024）	48	31	48
硝酸銨（NH_4NO_3）（0.00303）	58	37	58
硝酸鈣〔$Ca(NO_3)_2$〕（0.00893）	179	114	179

註1：依工業或肥料級氮和鉀肥有效成分計算而得。如氯化鉀0.00205 gm 溶於1公升水溶液可得1ppm K，則100公升200 ppm 的鉀需氯化鉀41 gm（0.00205 gm/ ppm×200 ppm×100ℓ＝41 g/ 100ℓ）。若取硝酸鉀則需56克（0.0028 gm/ ppm×200 ppm×100ℓ＝56 g/ 100ℓ），其中含氮（NO_3-N）72 ppm（0.36 ppm×200＝72 ppm），若與硫銨組合則需硫銨62 g〔0.00486 g/ ppm×200 ppm－72 ppm）×100ℓ＝62 g/ 100ℓ〕

註2：將表內縱軸鉀鹽及任一種氮鹽溶成1公升水溶液，用時稀釋100倍，即得N和K各200 ppm之各種氮和鉀源肥料液。

若需不同濃度氮和鉀肥，可採用下列公式計算之。

肥料濃縮液的計算

設肥料濃縮液稀釋200倍時，其氮為200ppm，鉀為300ppm，則所需肥料計算方法依下列公式：

公式(1)　濃縮液養分％＝ppm×稀釋倍數／10,000

則　濃縮液氮肥％＝200×200／10,000＝4％

　　濃縮液鉀肥％＝300×200＝／10,000＝6％

公式(2)　濃縮液需肥量gm／ℓ＝1,000×濃縮液養分％／肥料成分％

則　硝酸鉀＝1,000×6％／37％＝162g／ℓ

　　硝酸鉀內同時含13％的氮

則　13×162g／ℓ／100＝21g／ℓ＝2.1％的氮

其他不足的氮肥由尿素補足時：

則　尿素量＝1000×（4%－2.1%）／46%＝41g／ℓ

若由硝酸鈣來補足氮源時：

則　硝酸鈣＝1000×（4%－2.1%）／15.5＝123g／ℓ

由硝酸銨來補足氮源時：

硝酸銨＝1000×（4%－2.1%）／33.5＝157g／ℓ

硝酸鉀含K_2O為44～46%，取其平均值45%×0.83＝37%—K含量（K_2O含K係數為0.83）

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　88～91, 1989

從實務觀點談—青田農場養液栽培模式與管理概念

葉　連　桂

一、前　　言

建立養液栽培之主要目的在於克服土地連作之障礙，節省人力及提高作物產量與品質，進而擴大經營規模，增進農民所得。然而，養液栽培因離開了土壤致植物獲得的生理緩衝力變小，所以必須以精密的技術進行各種植物最佳的環境與肥料模擬適應，尋找出最適宜模式，才能進行各式經濟實用的栽培。

先進國家雖然養液栽培已有很好的成果，但現亦投入大量人力物力繼續地研究發展，期使養液栽培能解決不同國度、不同所需所共同面臨的農業問題，近一、兩年來國內農業科技人員的努力下，養液栽培已有良好的基礎，如能不斷地研究改良，則屬於台灣本土化的最佳栽培模式必能早日實現。

二、青田 NFT 養液栽培模式之建立

有鑑於台灣本土特有氣候條件及現有幾個良好栽培系統基礎下，進行了本栽培系統設計改良工作，並經鳳山試驗所沈所長多次的指導與鼎力協助後，整個改良型 NFT 系統方告完成。大致而言，本系統乃湛水式養液栽培與 NFT 式之綜合型，目的為解決台灣夏季高溫期之溶氧問題，湛水式栽培在台灣地區夏季時期乃有溶氧不足之缺點，而 NFT 雖可解決溶氧不足之問題，然而因屬薄層栽培，夏季高溫期液溫還是受影響，萬一停電，栽培容易失敗，即使有補救電源，台灣地區除非高緯度山地，否則風險還是相當大。

青田 NFT 養液系統基本構造如下：

㈠栽培床：

以水泥板為基材，舖以紅泥塑膠布，有防漏水裝置。採低置小斜度設計，長度15公尺、寬度1.8公尺，生長期水位保持2—3公分深度。本栽培床有果菜生產彈性設計，可應付未來之需。

㈡育苗方式：

是種高效率的育苗方法，採間接與直接海棉育苗的折衷式，播種與發芽在外　　綠化在溫室栽培床，省掉一株株移植費時費力之苦，亦能配合低置栽培床特殊移苗設計

㈢養液槽：

採低置離地二公尺水泥槽，三十噸養液容量，以十噸為一間隔離分區。

㈣抽水馬達：

以 2 馬力馬達分區抽水供應，視植物生長階段、氣溫、養液溶氧調節供應時間。夏季每小時馬達抽送15—20分鐘。

㈤溫室部份：

配合改良 NFT 系統，用新型溫網活動式組合設計，解決部份夏季溫室高溫障礙。

三、栽培管理

青田農場以學習的心態，時時接受上級農業主管單位及技術改良人員的指導。茲將兩年來累積的一點心得概念簡述如下，以供參考。

㈠種子發芽與品種的選擇：

無論何種育苗方式、品種與發芽率選擇都非常重要。不同品種養液栽培的產量亦有差異。而種子受溫溼度的影響，以海棉方式育苗都必須加以注意。有好的育苗成果與效率為養液栽培奠下了良好基礎。

㈡養液肥料管理是養液栽培最重要環節，再精良的系統，在養液管理不善下，一樣失敗。基本上，大量元素應一一調配，微量元素可綜合備用。肥料溶解度必須留意有良好養液管理基礎者，應避免用A、B養液方式進行追肥與管理。魚與熊掌不可兼得，就算不能分析養液欠缺何種元素進行追肥，亦必須建立每日觀察植物體各項缺素狀況經驗與記錄，進行單項或多項元素追肥。穩定養液PH值變化是項繁複且重要的工作，牽涉因素很多，例如均衡養液的調配；肥料種類的選擇；養液使用過久而失平衡；不同植物與溫度亦能影響養液PH值之變化；各個地區水質使前也必須進行成分分析等等，我們都必須加以注意。初學者常進行養液更換，應是較安全可靠之途，此外，維持一定的養液濃度與體積，同樣不可忽視。養液濃度大都維持Ｅ、Ｃ1.6—3.0之間，視各種植物與氣候而定。養液體積不能少於原來15%—20%體積，否則必須進行加水補充。若用自來水時最好每噸水加上2—3克大蘇打消除氯氣較好。養液管理良與否攸關整個栽培成果好壞。雖然都是養液栽培，但產量與品質差異甚大。有的可以賺「錢」，有的賺到的只是「名」，兩者都是「賺」，不得不謹慎。養液栽培所必須具備的各個專業知識相當複雜，也很專業，我想這也大概是農業主管單位，包括先進國家一致具有的共識，也是未來推廣的一大障礙。

㈢設施園藝內進行養液栽培，理論上病蟲害發生比率應該相對減少，不過人為管理疏忽也可能造成一些意外。譬如利用誘蟲燈在夜間捕捉蚊蟲，可能適得其反，反而引進更多蠅蟲；種子沒消毒容易帶進軟腐病等病害之發生；栽培床與定植板沒有定期消毒與清洗，人員進出次數太多；溫室沒有進行隔區，病蟲害發生的比率亦會增加。個人認為養液栽培病蟲害防治應物理與藥劑交互運用，勤於消毒器具，如發生輕微病蟲害，還得參閱植物保護手冊，進行防治管理。嚴重時，則應考慮全面廢耕，進行消毒，否則就失去養液栽培之意義了。

四、經濟效益評估

養液[illegible]終目的就是要提高農民所得，幫助農民賺錢。然而，如何正確客觀地評估養液[illegible]投資所得乃是非常重要之事。舉例而言，以0.1公頃面積小白菜收穫量作基準[illegible]量和結合數種葉菜類為基準，算出的年產量，其間相異甚大。甚者，直銷成本可能[illegible]費用很大比率，應詳加計算。雖然增加面積與產量可以降低直銷成本，但如果不能掌握市場需求與良好栽培技術還是得三思！

本場 NFT 水耕栽培小白菜之年收益表：

五、結論與建議事項

養液栽培技術為目前政府推動之設施園藝重點計劃之一，其最終目的還是希望漸次推廣給農[illegible]提升台灣農業科技水準，增加農民所得。然而，養液栽培乃屬高科技精密性農業，我們必須

0.1公頃與0.3公頃NFT白菜水耕[illegible]收益			
調查項目		金額（元）0.1公頃	金額（元）0.3公頃
收入	年生產量	36,000公斤 3,000公斤／次×12次	108,000公斤 9,000公斤／次×12次
	單　價	40元/ 公斤	40元/ 公斤
	粗收益	1,440,000元	4,320,000元
開支	種子費	4,000元	12,000元
	海棉費	40,000元	120,000元
	養液費	25,600元	76,800元
	電　費	14,800元	43,200元
	水　費	7,200元	21,600元
	消毒費	6,000元	18,000元
	雇　工	3人×10,000×12＝360,000元	7人×10,000×12＝840,000元
	設備折舊費	313,300元	939,900元
	包裝材料費	100,000元	300,000元
	包裝耗損費	135,000元	405,000元
	運送費	300,000元	420,000元
計		1,305,900元	3,196,500元
淨所得		134,100元	1,123,500元
所得率		9%	26%

考量未來實際養液栽培人員之能力與國內特有市場與氣候因素，進行研發引導。如此，將來成功和實用的機會才可望增加，此有賴政府結合各項農業研究專業人員與民間力量共同努力配合達成以期本省未來的養液栽培計劃能真正開花結果。

下列幾點建議，希望能提供政府現階段養液栽培計劃參考：

㈠繼續辦理養液技術講習會，讓農民清楚國內養液栽培現況，實務技術亦應擴大交流。

㈡重視點的試作計劃，成效優良者應輔導擴大經濟試作面積，以達直銷市場經濟利益成本。

㈢輔導開發養液規格化資材，以利降低資材成本。現階段資材購置困難須能獲解決。

㈣輔導建之有系統性直銷市場據點，設備與運輸問題，降低直銷成本。

㈤將勵優秀政府農業相關研究人員與民間績優創新性農場，以促更努力提升研究單位與民養液栽培水準與效率。

1	2
3	4
5	6
7	

照片一、二　爲夏季台灣高溫障礙期七、九月青田NFT系統小白菜栽培盛況，氣溫40℃，液溫28℃。

照片三、四　爲青田模式皺葉萵苣九天內成長情形。

照片五、六　爲青田模式小白菜六天內成長情形。

照片七　皺葉萵苣之根系。

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　92～95，1989

青年農場之葉菜類浮根式水耕

饒　建　池

我從事浮根式水耕係由農林廳76年度選為中部地區之試作農戶。由於本身並未有任可水耕之經驗，經幾個月之學習與農試所鳳山熱帶園藝試驗分所之指導，對水耕引起很大的興趣。對於從未接觸過水耕的我，經一年多的栽培，使我體會到一些工作經驗與感想。茲列述於后：

一、浮根式水耕有下列之優點

㈠設施成本最低：

本人所設計之塑膠溫室一分地之成本約為37萬元，而栽培床等之設備僅花20萬元。其中降低成本最重要的因素是不必設養液槽，只要以塑膠桶調製培養液就可以了。以本園一分地（於民國76年）設施之經費概要列如表一。

表一　浮根式水耕之固定設施費用（1000㎡）

項　　目	金　額
簡易塑膠布溫室（太子樓）	284,000
栽培床及其材料	
床　架	27,000
紅泥塑膠布	104,400
保麗龍板	19,200
固定夾	2,440
不織布	31,500
尼龍布	15,000
養液桶	6,000
合　計	489,540

㈡節省經營費用：

一般水耕都需要以馬達來抽取培養液，靠循環而供給充分的氧氣。據調查每分地每月約耗電費1000元至1500元。而浮根式水耕因根部並不浸在水中，所以不必消耗電費。同時浮根式可以行直播不必移植，可節省很多的移植工，尤其是蕹菜之栽培更為省事，一次播種後，就可陸續採收。經過一年多之試作，本人之蕹菜自播種後可陸續採收一年以上。因此不僅可節省電費，經營上也可省下許多的移植工。

㈢栽培法安全可靠：

許多的循環式水耕，如果停電或馬達故障時，易引起氧和養液的供給中斷，造成蔬菜枯死；或者管路阻塞時，也會使被阻塞部份的蔬菜乾枯。但是以浮根式就不必擔心這些問題，因浮根式水耕不須靠馬達來循環，故不怕停電所造成的危險。

㈣浮根式水耕的養液 pH 很穩定：

本人經一年多的栽培後，以蕹菜為例，其主要要素之肥料依鳳山試驗分所提供之配方（表二），經半年以上的時間測定，其 pH 都很穩定，根本不必用酸或鹼來中和。由於 pH 很穩定所以其生產量也很可靠。

表 2　蕹菜之肥料配方（公克／公噸）

肥料鹽	重　量
硝酸鉀	707
硝酸鈣	355
磷酸一銨	150
硫酸鎂	250

二、浮根式水耕注意之事項

㈠一般葉菜類如小白菜、萵苣等雖不必行育苗，但於發芽良好時，要疏苗間拔，發芽不良時則要補塡。因此對於種子的發芽率要確實掌握，同時播種時要注意到適當的距離密度。

㈡以稻殼或炭化稻殼為覆蓋，對於短期性之葉菜類如小白菜、葉萵苣於採收時根部易附着覆蓋物，同時等一作採收後，第二作播種前之覆蓋物處理較為費事。因此，短期性葉菜類以保麗龍板為栽培固定板，種子先於海綿上育苗後，再移植於栽培床的保麗龍孔上，如此可縮短栽培的生長期。同時在第二作時，只要將根清理後就可再行定植。

㈢對於不織布的吸水性問題影響到蔬菜之生育，吸水性差的不織布，其養液吸收的能力差，於蔬菜生育旺盛期所供之水量不足以供作物之吸收，因此選擇吸水力強的不織布是很重要的。

三、以浮根式最適合之蕹菜栽培例

蕹菜種子先行浸種數小時，於胚略為長出來時播種於栽培床上。播種後夏天約15—20天就可採收，冬季約需25天以上才可採收。採收時以手摘方式，側芽則留著使繼續生長，約連續採收 2—3 次後，以刀行全割一次收穫。如此經一段時間後，其分蘗增加，此時宜視其疏密情形行適當的割除一部份，使有充分的空間。採收期間應經常注意維持養液床內保持一定水位的養液，冬季寒冷時較易缺鐵，使新葉白化現象發生，因此每月要補充 1—2 次的EDTA鐵。蕹菜之一年的收穫次數可達24—30次以上，留側芽採收方式，夏天每採收後隔約10天左右就可再採收，每分地估計每月約可採收1800—2800公斤。其栽培情形如圖一。

四、新栽培方式之開發

本農場除利用浮根式栽培法外，承鳳山熱帶園藝試驗分所沈所長之指導，於77年11月以成型保麗龍板製成凸凹溝狀栽培床。該栽培床採取養液薄膜法的特點，同時取浮根式之優點製成，其構造及管理要點如下：

㈠構造：

保麗龍板製之栽培床外寬97公分，內寬90公分，每塊長120公分、高20公分。每塊栽培床可相互連接至所需之長度。床內為凸凹型構成溝狀排列，其凸部為平頂狀做為根部之支撐用，凹部深８公分為供養液之用（圖三）。於栽培床內舖以0.1mm塑膠布以防漏水。

定植板以厚2.5公分保麗龍板製成，為配合栽培床之寬度，其寬以90公分，長以60公分，兩塊併在一起固定於一栽培床上。其固定處以高於栽培床２公分墊高，做為水位調節之用。栽培孔位於栽培床的凸部上，每隔12公分一定植孔，每塊定植板可定植40株，二塊定植板（固定在一栽培床）計有80個定植孔。

㈡管理要點：

1.育苗：種子播種於已切成塊狀之海綿上育苗。
2.移植：將海綿塊之幼苗定植於栽培板的孔中。
3.於定植後水位調節到定植板的下面，並以馬達和養液桶配合略為循環。於植株發育較大時，將水位略為降低（圖四）。
4.於夏季栽培時，以吸水不織布（厚0.2mm）舖一層，上面再舖尼龍布一層，如同浮根式栽培法。

有關栽培技術請參照：

1.養液栽培技術講習會專刊第一輯　50—58頁。
2.豐年社設施園藝專刊養液栽培篇。
3.園藝之友季刊　76年７月15日　19—26頁。

五、其　　他

另外在栽培上一件非水耕的問題，是有關塑膠溫室之塑膠布，以本省製造者而言，其透光率約於使用後半年就大為降低，因此導致日照不足，影響到蔬菜之生產。尤其是許多葉菜類的顏色變淡，採收時重量減輕，對於防塵性好，透光率高的塑膠布是很重要的，期待相關的企業能開發可經２—３年以上防塵且透光率好的塑膠布，以落實本省設施園藝的發展。

圖一 蕹菜之浮根式宿根栽培（已達20個月）

圖二 浮根式之小白菜、芥藍、葉萵苣栽培

圖三 新開發凸凹溝式之栽培床

圖四 凸凹溝式之栽培的根系（左）與栽培床之養液（右）

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　96～100, 1989

水耕栽培的經驗談

柯　瑞　鏗

一、水耕栽培的動機

我生在農家，長在農村，對農民生活的疾苦，瞭若指掌。他們日出而作、日入而息，任憑風吹雨打、烈日煎熬汗流夾背而默默的耕耘，不覺使人肅然起敬。但眼看以勞力血汗所換來的產品，經過層層的中間剝削，祇得少的可憐的代價，又不覺讓人心酸。如此不正常不公平的狀況，早在每個農家子弟的心目中造成激憤，因而走上街頭，為血本無歸鳴冤，為投資報酬低微叫屈。我置身其中，深受其害，感受尤深。

民國七十一年獲馬來西亞沙巴州農業部的批准，前往沙巴從事農漁養殖（蚵的養殖），因拜台灣農漁業技術精良聲名遠播之賜，深受當地政府及華僑的尊重與禮遇，更加深了我對農業經營的興趣與信心。七十二年五月有幸隨同沙巴首席部長拿督哈利土，來台考察農業建設，到桃園縣龍潭農校參觀礫耕栽培，在呂理福校長悉心而詳細的介紹下，使我對無土栽培留下深刻的印象。

民國七十四年從馬來西亞回來，朋友送我一本「ハイポニカの科學，水氣耕世界」，由於番茄巨木的啟示，激起我對水耕栽培的動機與決心，惟有利用高科技的栽培技術以提高品質，企業化的經營以增加收益，才能提升台灣農業水準，改善農民生活。

二、從嘗試錯誤中接受知識得到經驗

原本我不是學農，農業的基本學識不足，更談不上經驗技術，一切得從頭開始，如學習農業概論，研究植物生長原理，探討肥料的成分和吸收等等。搜集水耕栽培文獻資料，成為我的重要課題。至於台灣的水耕栽培剛剛起步，尚屬萌芽階段，可供參考的資料有限，只好以自己的直覺意識去嘗試摸索，從屢次的失敗中得到寶貴的知識與經驗。

不滿現況、求新求變、喜於研究發展的個性，是我的優點，也是缺點。因此嘗試並改變幾種型式的栽培，邊做邊學，得到不少實際經驗，也因此花費了很多的時間、精力和財力。茲將實際經驗的幾種水耕栽培型式的作業要點及其優、缺點簡述如下：（栽培作物為葉菜類）

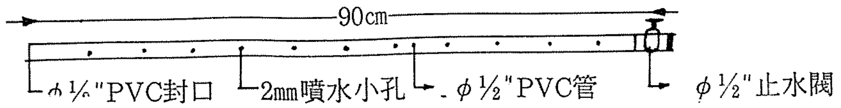
㈠循環式：

1.系統組合：水源→養液池→抽水幫浦→給液管→養液注入噴管←

排液管←排液孔←水位控制器←栽培床←

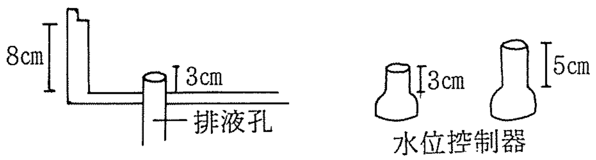
2.作業重點：(1)抽水幫浦，採用沉水式抽水馬達，可節省電力，增加供水壓力，減少漏水缺點，降低故障率。

(2)將空氣注入器，用養液注入噴管，以增加供氧量。



圖示：養液注入噴管

(3)利用水位控制器，將栽培床的水位固定為 8 cm、 6 cm、 3 cm三種深度，當苗定植後10天內為幼苗期水位 8 cm（滿水位）生長中期（株高約 6 公分），水位降至 6 cm，植株長至高12公分時（生育後期）水位降為 3 cm，水位如此調整，使作物的根部份懸空，長出氣根，直接吸取空中的氧，促進發育。



3.優 缺 點：(1)作物生長初期由於根部全浸養液中，故發育快且整齊。

(2)因根直伸水中，採收時拔取方便。

(3)植床貯水多，不受停電缺水而影響作物生長。

(4)春、秋兩季氣溫適中時，發育好、產量豐。

(5)植床內貯水量多，養液失調時調整不易。且定期更新養液諸多浪費。

(6)雖有養液注入噴管及水位控制調整，以增加溶氧量，但夏季高溫仍有缺氧，使根部褐化影響生長之現象。

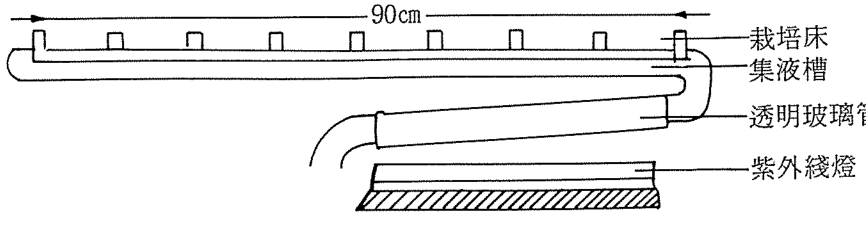
(二)N.F.T.式：

1.系統組合：水源→養液池→抽水幫浦→貯液槽→給液管→養液注入管→栽培床→集液槽→殺菌裝置→排液管→（回養液池）

2.作業要領：(1)將貯液槽架高約 3 公尺，養液由養液池經自動控制抽水機，抽到貯液槽增加水壓，經由給液管不斷的注入栽培床內，可減少一天24小時抽水的麻煩並節省電費。

(2)栽培床寬90cm長20公尺（坡度1：100），分成八條植溝，溝深 1.5 cm，每隔 1 公尺，加高 1 公分的擋水牆，讓水階梯式的沖流使養液流面均勻，溶氧增加。

(3)殺菌裝置：在集液槽下方接口徑 2 吋長45cm透明玻璃管，玻璃管下方安裝長45 cm紫外線燈一盞，養液排流過玻璃管時，經紫外線照射直接殺菌，又養液中的氧經紫外光照變成臭氧亦有殺菌功能。



3.優 缺 點：(1)養液量少管理容易，更新方便。

(2)養液中溶氧夠，又根大部份露出水面，可直接吸收空氣中的氧，故根系發育良好，產量豐富。

(3)由於根部吸氧效果佳，故夏季高溫栽培無生長障礙。

(4)有殺菌裝置，故無根腐及疫病發生。

(5)因24小時不斷的供水，電力耗費大如遇停電或抽水馬達故障，造成缺水使作物死亡。

(6)養液量少易造成E.C.升高，元素成分失調影響作物生長。

(7)植溝水流量少，剛定植的幼苗因水流面的偏差缺水而死亡，也因此幼苗期的生長較慢且欠整齊。

(三)新和等量交換式：

因鑑於設備簡單，操作方便，遂利用新和等量交換式種植空心菜一期。

1.作業要領：用 1 吋厚保麗板做成長20公尺寬90公分高10公分的栽培床，甲、乙兩床並靠，每床於不同的兩端各按裝小型沉水馬達定時器及水位控制器各 1 組，操作時先採養液灌滿（10公分）甲槽，乙槽裝一半（5公分）開始先由甲槽水抽至乙槽使其滿水位，經 1 小時，再由乙槽抽至甲槽，如此定時交換抽輸水，由於水位升降增加溶氧量，根的呼吸可由養液中及空氣中直接吸收氧。

2.優 缺 點：(1)設備簡單，不需龐大的養液池，也無複雜的養液循環設備，可降低成本，操作也方便。

(2)養液及氧氣的供應充足作物生長整齊快速產量亦豐。

(3)養液失調時矯正作業困難。

(4)作物生長旺盛時養液減少快速，造成根域環境不穩定，應極注意追肥管理。

(四)浮根式：

鳳山熱帶園藝試驗分所試驗改良推廣的浮根式水耕栽培法，具有設施成本低，操作方便，並能克服夏季高溫溶氧不夠，根發育不良的問題等優點。依我實際栽培空心菜及洋香瓜的經驗，得到確實的印證，去年七、八月網溫室裡的溫度常高達50℃以上，我曾同時以N.F.T.栽種的洋香瓜至生育中、後期根部呈現褐化，因此生長勢欠佳，有些缺株、枯萎，瓜果品質較差。而以浮根式栽種的根群潔白旺盛、根毛多，因此莖葉茂盛，果實較大甜度亦高（約14度）。而空心菜的浮根式栽培更具有實用性與經濟性，是一種理想的栽培方法。

經驗告訴我，浮根式的水耕栽培尚有幾點改進意見：

1.栽培床裡的養液靜止不動，如遇成份失常調整困難，是否改為半循環式較理想？

2.不織布的品質，吸水功能好壞直接影響作物的生長，故應研製一種高品質，功能佳的不織布，以提高生產效果。

3.作物採收後栽培床的清理，不織布、雨傘布的回收利用，既費時又費力，能否降低不織布成本，用一次即廢棄，免得回收清洗的麻煩，又可省用雨傘布。

三、水耕栽培的問題及建議

本省養液栽培雖起步不久，由於政府極力提倡精緻農業，試驗單位積極的推動，以及民間業

者熱誠的參與，目前已在蓬勃發展中，很多業者在技術上及經營方針上，遭遇不少的問題尙待解決，我以業者的身份提供幾點意見以供參考。

(一)水耕栽培是一種高科技而時髦的農業經營方式，因此引起諸多農民及民間企業的興趣而躍躍欲試，在尙未評估確定經濟效益及投資報酬率之前，政府應善加疏導，以免盲目投入，慘遭損失。

(二)在水耕栽培經營尙未普遍推廣之前，政府應未雨綢繆，制訂合理的制度，健全的組織及正確方針，使水耕栽培事業能正常的發展。

(三)因本省水耕栽培尙在萌芽階段，資料與技術還很欠缺，請農政單位多提供資訊並加輔導。

(四)組織養液栽培學會，結合農政學者專家業者於一體，共同研討改進養液栽培的作業技術，增進經營效益。

(五)水耕產品優點多，但一般消費者非但知反而誤解水耕是化學藥品的產物，對人體有害，因此農政單位應透過廣播媒體，多加宣導，使消費者對水耕產品有正確的認識。

(六)輔導業者作專業化的經營，各種作物有其生長特性，故管理與施肥，依作物別而異，如能一個農場專作1-2種作物的栽培，使其設備及管理技術專業化，如此作業單純，效果必佳，例如台灣清潔果菜公司農場，三年來一直專種波士頓萵苣，供銷台北果菜公司，其栽培技術精良，產品品質佳、產量高、收益豐碩。

(七)由於專業化的經營，每一農場生產少樣多量的作物，會造成行銷困難故需組織共同運銷班，彙集各農場不同的產品，作多樣多量有計劃的銷售，以免惡性競爭，造成市場混亂，影響收益。

四、結　　論

政府為求農業升級，而大力推展精緻農業政策，養液栽培也被列為重點工作之一，因此在短短的二三年內已有相當的成效。為求更進一步正常的發展，政府有關單位，應速擬訂水耕栽培營的經營方針及管理辦法，使業者有所遵循。技術轉移方面，應試研出一套適合台灣天候環境確實有效可行的栽培模式，積極的推廣輔導，使本省的水耕栽培快速成長，早日達成農業升級的目標。

照片 1. 浮根式葉菜水耕栽培

照片 2. 洋香瓜浮根式水耕

照片 3. 浮根式水耕栽培床

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　101～108, 1989

台鳳M式綠心智慧水耕系統簡介

台鳳公司　林　勝　才

台灣地處亞熱帶，長年氣候酷熱濕溽，病蟲害容易滋生繁衍，因此農作物必須仰賴大量農葯噴灑方能有收獲，但卻造成環境嚴重的污染，同時殘餘農葯亦危害到大衆的健康與安全。在台灣早期的設施栽培皆是簡易型的網室，用來防蟲與避免雨水的直接侵害。此後亦有力霸鋼架溫室防止強風侵襲及自國外引進的各種溫室設備。又由於硬體設備之設計皆不甚理想，因此「溫室效應」問題相當嚴重，而導致設施內之栽培環境比戶外栽培者更糟，病蟲害問題更趨嚴重，同時作物之熱徒長亦無法避免。所以目前從事設施栽培者，無論是水耕栽培或其它栽培，其所面臨的最大問題是如何克服可怕的「溫室效應」，但卻不必耗費大量能源（冷氣、風扇、水牆等）來控制。而結構堅固但不昂貴，而且維修費用低廉更是設施栽培業者所期盼的。

筆者在台鳳公司進行水耕栽培企劃時曾就以上問題考慮之後，於七十六年三月間到美國參加美國水耕學會的研討會，並參觀了加州的水耕栽培及設施園藝，然後轉往日本考察日本的水耕栽培及設施園藝。再經過一番的綜合評估後，便引進了日本M式水耕栽培系統，本系統於七十七年六月六日開始施工，九月十五日峻工開始試運轉栽培，並於十一月開始正式栽培。以下以幾張圖表作一簡單的介紹：

一、綠心智慧型水耕系統

圖一是本系統的典型圖，在溫室外裝設有四種微氣象感應器，分別是日射量、降雨、風速及外氣溫感應器。在溫室內部則裝設有CO_2感應器、EC、pH、水溫、流水、室溫及濕度感應器。所有的這些感應器（Sensor）均與中央控制系統連線，可以自動管理溫室的微氣象以及營養液的各種條件。而中央控制系統可以與控制室的電腦連線，每十分鐘傳送一次訊息給電腦。

1.日射量感應器（sensor）
2.測雨感應器
3.風速感應器
4.外氣溫感應器
5.CO_2感應器
6.中央控制箱（Control Box）
7.水耕供水馬達
8.培養液追肥系統
9.培養液槽
10.暖房機
11.室溫感應器
12.CO_2發生器
13.水溫調節器

圖一、典型的智慧型水耕系統圖

中央控制系統上有九十九項的設定與測定值可以直接操作更改。若有異常狀況，中央控制系統會直接發出警告訊息並顯示異常資料代號。而在電腦系統方面則可以直接由電腦畫面上清楚地顯示不同時刻溫室內外的微氣象條件以及營養液的水溫、濃度及酸鹼值是否正常。同時電腦系統除了監視的功能之外，尚可直接控制中央控制系統的所有設定值。因此在大面積栽培的場合，管理者無須直接到各溫室去巡視便可直接在電腦室監視與控制農場所有情況。

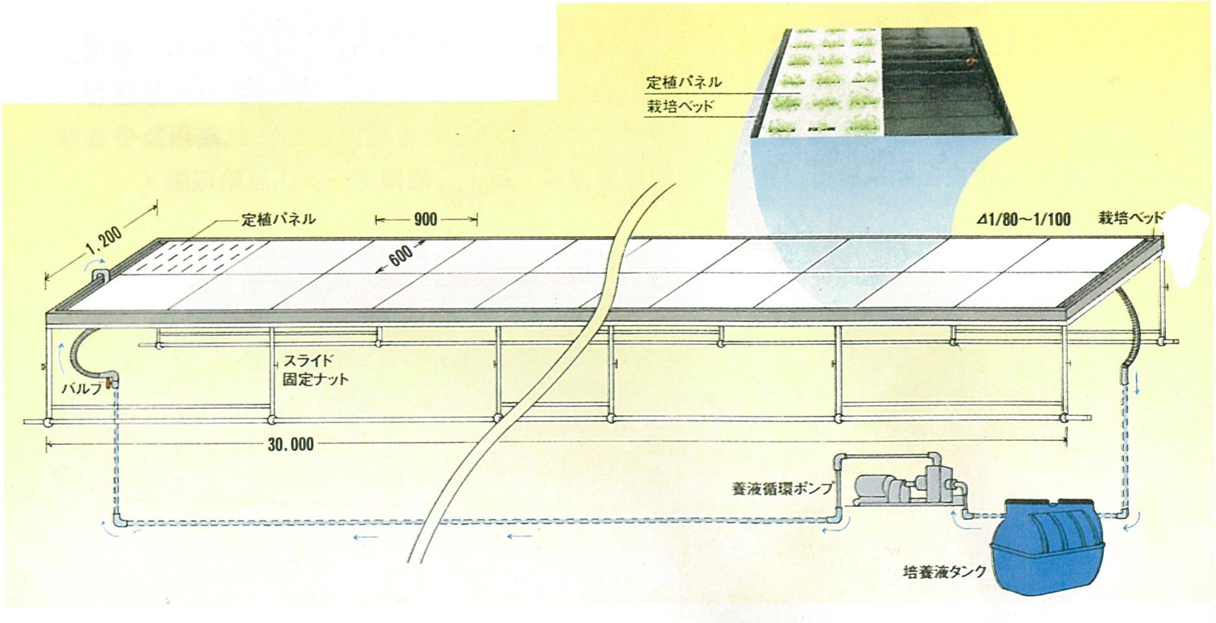
由於一切的微氣象條件均可由中央控制系統自動管理，所以溫室內部的遮陰網、天窗及側窗完全不假人手操作。另外營養液可由自動追肥系統來管理，亦無須經常去測定與調配。本系統因採用全自動的管理控制，因此非常節省人力、物力與時間，即使毫無農業概念的人亦可非常輕鬆地勝任，愉快從事水耕栽培。

二、綠心水耕栽培床架構

如圖二所示，典型的NFT栽培床，寬度1.2公尺，長度可以延伸到25公尺。全體的骨架系統採組合式鐵骨資材，施工非常簡便。栽培床的斜度視床之長度可以調整，一般的斜度為1／80～1／100。栽培床內部構造有起伏之波浪可以保留0.5公分之水位，因此即使停電大可不必擔心。定植栽培板長為90公分，寬為60公分，厚度為３公分。

圖三為實際的水耕栽培床，本套水耕栽培床的最大特色除了不必擔心停電問題之外，另一特點就是栽培床附有輪子可以左右移動，因此設施面積可以充份利用而一點也不浪費。

システム圖

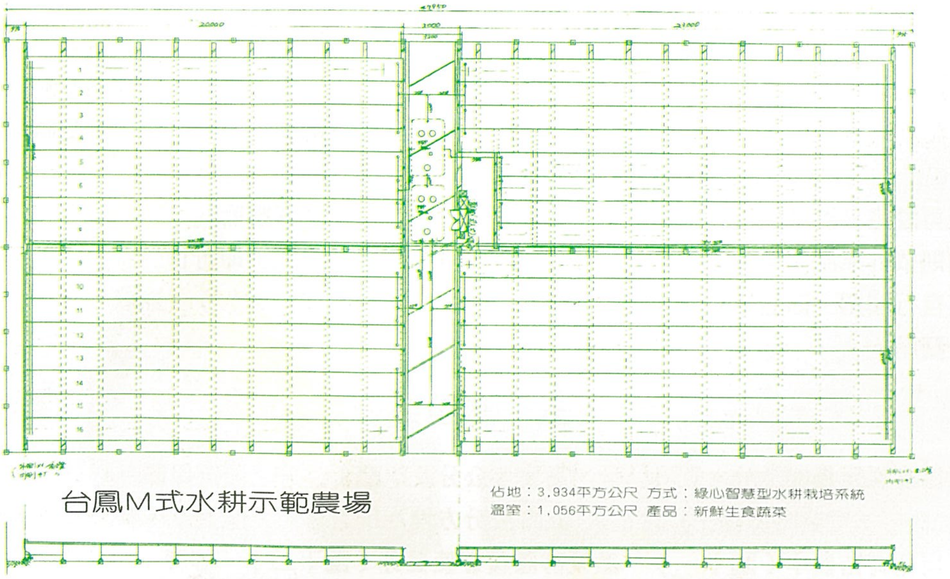


圖二、典型的NFT水耕床系統圖

圖三、農場內水耕栽培實景

三、台鳳山式水耕農場配置圖

因為栽培床附有輪子可以左右移動，所以栽培床的面積可以增加40%。換言之，台鳳農場一分地的栽培面積約可達設施面積之90%。全場共有32個栽培床（圖四），分為４區，每區有８床而只留一條寬約60公分之走道。養液槽埋設在地下２公尺處，有二個５噸的FRP成型槽以連通管相連。設施架構為有固定基礎之鍍鋅鐵骨，組合施工相當簡易，全長48公尺、寬度為22公尺△採雙連棟式、南北向、採光均勻。設施為溫網室（塑膠布資材），通風相當良好，骨架堅固可耐強風侵襲。塑膠布採用日本進口三菱公司出品之塑膠布，透光度85～90%，可耐用二年，整套架構除塑膠布以外可耐７年以上。



圖四、台鳳M式水耕農場配置圖　台鳳M式水耕示範農場

圖五、農場內波士頓萵苣栽培實況

圖六、天窗啟開散熱效果佳

圖七、側邊捲簾通風效果良好

圖八、雙層遮陰網防止輻射熱效應

四、通風、散熱及遮光系統

利用微氣象感應器（日射、降雨、外氣溫及風速）（圖一），控制天窗散熱（圖六）以及遮光網。溫度感應分成早上，下午及晚上三階段，天窗之啟閉則依外氣溫之測定值隨時調整啟閉之幅度（0%～10%）。而遮陰網之啟閉則由日射量感應器來控制，設定時先設定開啟及關閉時刻，然後再設定日射量條件。在開啟階段，一切依日射量之強度感應而關閉　（圖八）。此外天窗之關閉則依外氣溫、風速及降雨感應器而關閉。當風速過強時天窗即行自動關閉，或突然降雨時天窗亦自行關閉。而通風方面採用側邊捲簾，通風效果非常佳（圖七），通常在夏季全部捲上，下雨時關閉。

五、育苗系統

育苗盒採用長60公分、寬30公分、高度４公分及厚度１公分之硬質保麗龍材質。每個育苗盒可育190株苗，育苗時將種子直接播入3立方公分方塊海綿之中央（圖九）、播種完畢（圖十）直接放入恆溫育苗器中（圖十一），然後靜置覆蓋使發芽（圖十二），等種子萌芽之後取出綠化讓苗逐漸成長（圖十三）。至適當苗齡時（圖十四）即開始進行移植工作。移植時，直接將海綿塊

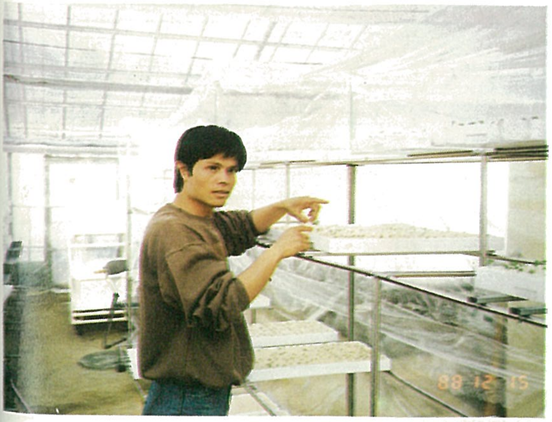
撕下播入定植板穴之中，養液除了第一次調配好之後，即行自動追肥管理。採用本系統來育苗非常輕鬆，同時發芽率可高達95%以上，小苗非常強壯，絕不會有徒長現象。

圖九、開始播種

圖十、播種完畢

圖十一、放入恆溫

圖十二、靜置覆蓋以利發芽



圖十三、發芽後拿出綠化

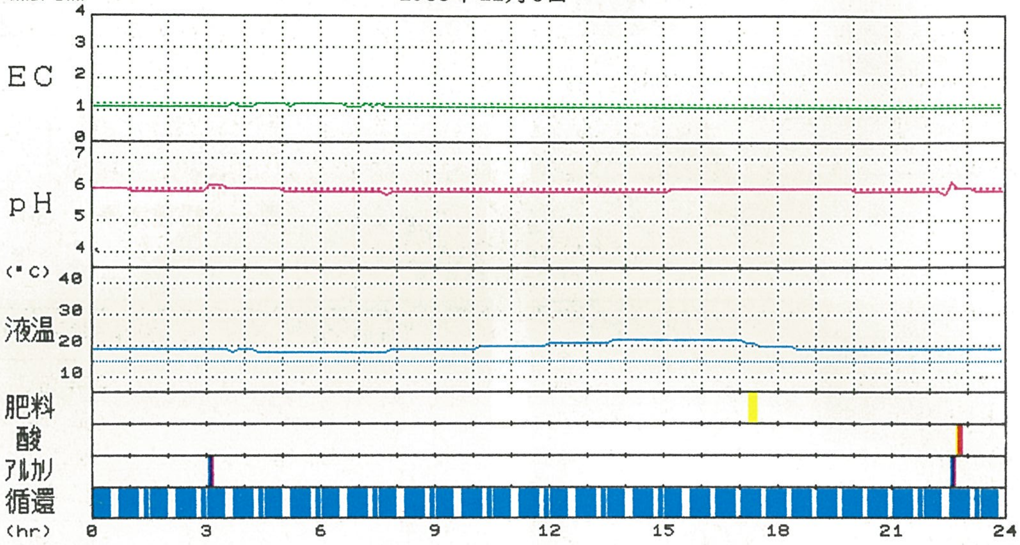
圖十四、綠化後的幼苗

六、電腦管理資料

如圖十五所示，ａ圖為七十七年11月５日的養液管理資料圖。由圖上可知綠色曲線為養液之濃度其11月５日從0時到24時之變動非常之小，而在下午５點20分左右養液自動追肥達10分鍾（黃色縱線）。同樣情形，養液酸鹼值之變化亦非常穩定（紅色曲線）。資料顯示早上３點５分時鹼的自動追加約５分鍾。夜間10點30分亦追加鹼液５分鍾，而10點40分追加酸液５分鍾。此外，液溫的變化皆在設定範圍之內（17°C～23°C）。

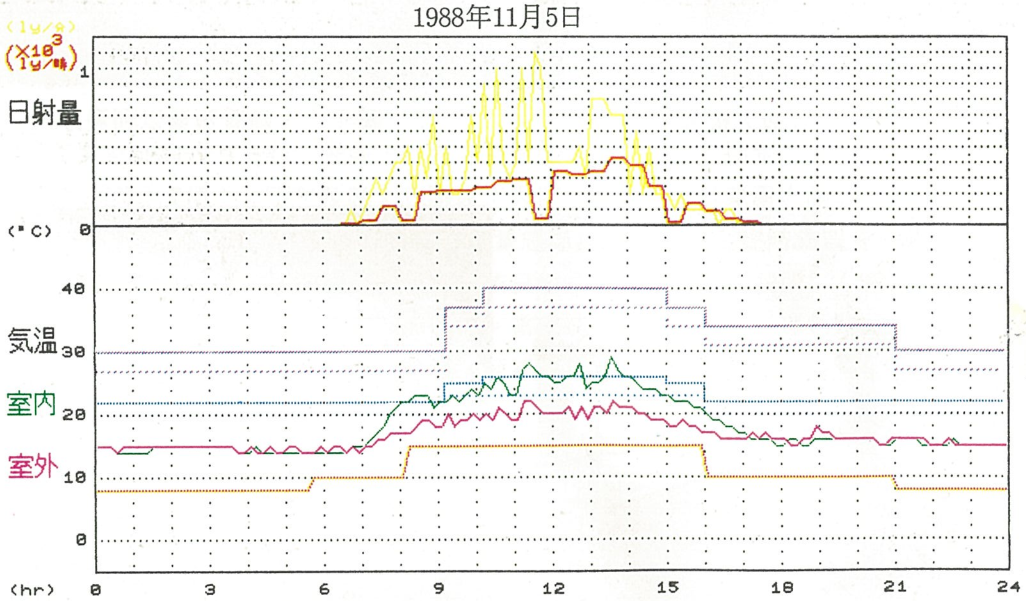
而ｂ圖所示為11月５日當天日射量之變化情形與室內外溫度之狀況。

1988年11月5日



a圖　EC、pH、和液溫的變化情形

1988年11月5日



ｂ圖　日射量、室內及室外氣溫之變化情形

圖十五、電腦管理資料分析圖

七、設備費用與經濟效益分析概算表

設備費用概算表如表㈠，以台灣所開發之資材為例，溫網室設備約1,200,000元，水耕床組及配管約1,020,000元，其它輔助設備（簡易控制系統）約555,000元，工程費用約為450,000元，合計為3,225,000元。本系統最少可耐５年以上，若平均以５年計算平均每年須攤提531,000元。

效益分析方面（表㈡、㈢），若固定管理者一人每月薪資為15,000元，一年以14個月之薪資來計算，每年的固定薪資為210,000元。以波士頓萵苣為例，每年可生產29,676公斤，其直接人工２人，直接成本每年703,668元，固定費用每年1,115,000元（含設備折舊費），合計每年之總成本為1,818,668元。每公斤總成本為61.28元，若以契作價75元賣出，每年可有407,032元之毛利，若含固定薪資合計毛利為617,032元，如果直接人工為自家工，則每年毛利可高達953,032元，毛利率為42.82%。若以廣東萵苣為例，每年總產量為54,144公斤，每公斤總成本為33.03元。若以契作價41元賣出，每年可有431,464元之毛利；同理，若為自家工則每年有毛利977,464元，毛利率為44.03%。（以上為台鳳公司之概算資料，資料來源為78年３月16日發表會資料）。

水耕清潔蔬菜成本分析

㈠設備

	金額（元）	攤提年數	每年攤提金額
A.網室設備	1,200,000	5	250,000
B.水耕床設備	1,020,000	5--10	150,000
C.輔助設備	555,000	5--10	86,000
D.工程費用	450,000	10	45,000
合　計	3,225,000		531,000

㈡薪津

每月薪資	每月薪資	15,000
每年薪資	每月薪資	15,000＊14＝210,000

㈢波士頓萵苣效益分析

定植板株數：16株	每作產量：2473kg	每株重量（夏）：0.11kg.（9作）
每床定植板數：46	每年生產次數：12次	每株重量（冬）：0.15kg.（3作）
生產床數：28	年產量：29676kg	平均重量：0.120kg.
每定植板產量：1.92kg		

直接成本：	每作數量	每作金額	每年金額	百分比
直接人工	2	28,000	336,000	18.48%
直接材料				
1.海綿	110	1,120	13,440	0.74%
2.種子	20900粒	6,270	75,240	4.14%
3.肥料（包）	M1，M2，M5，（各3包）	8,249	98,988	5.44%
變動費用				
電費		15,000	180,000	9.90%
小　計		58,639	703,668	（38.69%）

固定成本 :				
設備折舊		44,250	531,000	29.20%
固定薪津		17,500	210,000	11.55%
車輛折舊		13,667	164,000	9.02%
利息支出		17,500	210,000	11.55%
小　計		92,917	1,115,000	(61.31%)
合　計		151,556	1,818,668	
單位成本(每公斤)	61.28			

農家契作戶收益：	台鳳契作價： 75.00	外雇工人	自家工
	單位成本：	61.28	42.89
	總收入：	2,225,700	2,225,700
	總支出：	1,818,668	1,272,668
	年毛利：	407,032	953,032
	毛利率：	18.29%	42.82%
	投資報酬率：	12.62%	29.56%

＊＊生菜範例＊＊

(四)廣東萵苣效益分析

定植板株數 ：49株	每作產量：4512kg	每株重量(夏)：0.070kg.
每床定植板數：47	每年生產次數：12次	每株重量(冬)：0.055kg.
生產床數 ：32	年產量：54144kg	平均重量：0.060kg.
每定植板產量：3.0kg		

直接成本 :	每作數量	每作金額	每年金額	百分比
直接人工	2	28,000	336,000	18.79%
直接材料				
1.海綿	110	1,120	13,440	0.75%
2.種子	20900粒	1,000	12,000	0.67%
3.肥料 (包)	M1，M2，M5，(各4包)	11,000	132,008	7.38%
變動費用				
電費		15,000	180,000	10.06%
小　計		56,120	673,440	37.66%
固定成本 :				
設備折舊		44,250	531,000	29.69%
固定薪津		17,500	210,000	11.74%
車輛折舊		13,667	164,000	9.17%
利息支出		17,500	210,000	11.74%
小　計		92,917	1,115,000	62.34%
合　計		149,037	1,788,440	
單位成本(每公斤)	33.30			

農家契作戶收益：	台鳳契作價： 41.00	外雇工人	自家工
	單位成本：	33.03	22.95
	總收入：	2,219,904	2,219,904
	總支出：	1,788,440	1,242,440
	年毛利：	431,464	977,464
	毛利率：	19.44%	44.03%
	投資報酬率：	13.41%	30.31%

＊＊一般蔬菜範例＊＊

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　109～110, 1989

水耕栽培的經營與管理

楊　清　光

農業發展的方向應走向科學化、經濟化，才能符合社會的需求，要達到科學化、經濟化、必須邁向設施園藝，才可能解決農業困境。政府每年投入數千萬元新台幣研究設施園藝，到目前已經有相當的成就及肯定，這是值得國人安慰及高興的事實。而設施園藝有網式水耕、網式土耕…等不同的設施，本人站在水耕栽培的經營立場說明水耕栽培，如何經營與管理，請大家參考：

一、耕作面積的決定：水耕栽培是屬於高投資的產業，可分為兩方面來講：

㈠個人經營至少要有0.3公頃以上的耕作面積才能達到損益平衡點，如果在0.3公頃以下，您將無法回收您的資本額，但也不能超過１公頃的耕作面積，如果超過１公頃，您的利潤將會大大的減低。

㈡合作農場經營面積至少要１公頃以上，但不能超過５公頃的耕作面積，因此耕作面積是水耕栽培者首要的決定。

二、資金的籌劃：水耕栽培的投資很大，以我的經驗，最便宜的設施，包括硬體、軟體在內，每坪須投資約8000元，以３分地來計算其公式如下：300坪×0.75利用率×8000元×３分＝5,400,000元。如果要更便宜的話，將來操作上可能會遇到很多困難而妨礙您的生產，因此在資金上要好好的衡量。

三、操作系統的選擇：系統的選擇對整個栽培過程有絕對成敗的關鍵，我建議您多看、多聽後再決定，選擇適合您操作的系統，我認為本土化的系統是最經濟實惠。

四、場地的規劃：農場要好好的規劃，才不會浪費農地。水耕栽培場的設施很多，如溫室、育苗室、養液室、集貨場、空地比率、倉庫等設施，如果不好好的規劃，將來運作上會手忙腳亂，浪費人力、物力及農地。

五、設施結構的決定：目前的設施有很多種，如隧道式、玻璃溫室、鋼架力霸式及國外引進的型式等，您必須分析其經濟效益及本身的財力，再決定何種結構。在屬於亞熱帶的台灣地區設施結構對於整個水耕栽培的成敗有絕對的影響。

六、操作過程的訓練：水耕栽培是高科技的農業，有很多過程必須靠儀器及經驗來處理作物的生長，例如：播種、浸海綿、育苗、移植、養液配置及管理、病蟲害的處理、採收的過程等，都必須經過長期的訓練後，才決定去經營它。

七、種苗的選擇：種子是決定作物生長及發育的關鍵，同時也是病蟲害的根源，千萬不要任意購買種子回來製造自己的困難。

八、病蟲害的處理：水耕栽培標榜無農藥，但礙於設施及人員進出農場，不可能完全沒有蟲害，如果發現有蟲害時，必須當機立斷，馬上處理，方法有二：

㈠當苗還小時，乾脆全部廢除。

㈡當作物再過一星期左右可採收時，就不要等，而馬上採收。這樣就可以克服病蟲害。

九、養液管理：水耕栽培是靠養液來維持植物的成長，不同植物有不同的養液成分，這必須靠

儀器來測定。最好的方法是以現有的液體養液來操作，是最實惠的管理。

十、操作人員的選擇：高科技的農業須選擇高水準的操作人員。所謂高水準並不是指學歷一定要很高，而是其心境的投入是否完全。

十一、成本的分析：水耕栽培場是工廠式的經營，如果沒有正確的成本分析，不出半年的時間，您將會把老本都賠上。而成本的計算，須以年為計算單位，再分攤到每月、每日，不能以日為計算而推算到月、年，這就是所謂的預算責任。

十二、市場的規劃：水耕作物是屬於新產品的推出，對市場的須求須要有詳盡的規劃。且必須收集人口數量、消費品質及口味和消費水準來決定開發何種市場，而不能盲目的推銷。

十三、行銷管道的突破：目前的農民最缺乏的就是如何去推銷自己的產品。就像歌星一樣，您會唱歌，假若不去唱給大家聽的話，又有誰知道你是誰。而我們農民的農產品也一樣，必須多介紹給銷售者再介紹給消費者。

十四、提高消費者的購買慾：就是要如何促銷、如何包裝，讓消費者對你的產品能一目瞭然，而產生強烈的購買慾。

十五、經營者的心態：我們農民絕不能把「利」字放在前面，必須發揮農民精神，也就是要刻苦耐勞、任勞任怨，以平常心來處理外在、內在的因素，這樣才能安心從事農業生產，做一個實在而專業的農民。

十六、職業道德的提昇：目前很多農產品、工業產品，不論在安全上、價格上，均有不合理及不道德的事情發生。例如，我的產品既安全又營養時，才可以標榜他的優點，如果我的產品在安全上有問題時，千萬不要亂標榜，以免欺騙消費者。因為我們農業是一種良心事業，所以必須提昇職業道德。

十七、實事求是、不恥下問：學問是無止境的，而水耕栽培又是新興事業。有很多技術必須本身實際操作後發現它的缺點，不了解時千萬不能閉口不談，一定要追求其失敗的原因。

十八、大衆傳播媒體的介紹：水耕栽培產品是新產品，且營養較高，但消費大衆並不完全了解新產品的特性，所以需要大衆傳播媒體的介紹，把我們的產品介紹給大家。

十九、政府機關的鼓勵與肯定：水耕栽培屬於高投資與高技術的產業，一般農民要接受比較困難，像我投資上千萬的設備，77年一年當中來參觀的民衆達2600人以上，幾乎都能接受我的想法與設備，但我們農業主管機關還不能完全接受及肯定我的觀念。到目前為止，我的心裡還很不平衡，請政府機關儘早推廣水耕栽培並肯定水耕栽培的存在。

二十、學者專家的支援：我們水耕栽培場就是植物工廠，生產、生長的速度很快，生產過程中不能有差錯而要保持正常的運作，必須與學者專家結合，共同開拓水耕栽培。

以上是我的經營與管理水耕栽培農場的實際經驗，提供給大家做參考，不如意或不正確的地方請多多包涵並指教，謝謝！！

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　111～115, 1989

洋香瓜之養液栽培經驗

鄭　光　進

洋香瓜為本省重要園藝作物之一，本省地理位置及氣候型態屬於亞熱帶氣候區，受海洋性氣候影響極大，五月中旬至九月下旬雨量集中，豪雨期長及常有颱風來襲。冬季因受到東北季風之影響，常有寒流及降霜情形發生，因此洋香瓜之栽培集中於十一月中旬到翌年三月上旬間，分春秋兩季栽培為多。春作在三月中旬定植六月上旬採收。秋作在八月上旬播種，約十一月下旬採收。由於雨季或寒害導致栽培困難果實品質差。目前為克服此困難，大致從下面兩種方法著手：

㈠採隧道式栽培－於秋冬季常做為防寒用，每年行塑膠布等之更新。

㈡搭建溫網室栽培－設施費較高，主要為防雨及防寒用，以直立式支柱栽培。

目前均以土壤栽培，又因洋香瓜忌連作，且土壤病蟲害等問題，因而每年只生產一或兩季。若做週年性生產，則須每年搬棄舊土，搬進新土，作業上相當麻煩。所以發展養液栽培有其必要性。

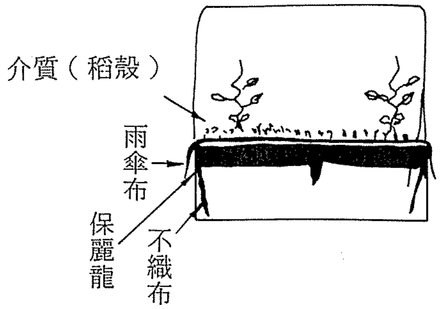
一、土耕栽培與養液栽培

土耕是以土壤作為栽培介質，而養分來源，則以豆餅、油粕、堆肥等有機肥料，以及硫酸鎂、過磷酸鈣，氯化鉀等化學肥料組合成，再經土壤分解醱酵與腐熟後做為培養土。因土壤常常有傳染性之病原菌會對作物為害，而且每年須更換新土，作業及勞力上較為辛苦。

養液栽培，係以水作為介質，將植物正常生育所必須之元素如氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫及微量元素，鐵等組合成培養液，供給作物養分。因為培養液中無帶病原菌、昆蟲等問題，故無土壤的病害發生。但養液栽培使用無機質肥料作為培養液，比起土耕缺乏緩衝能力，所以養液之管理成為栽種成敗之關鍵，且養液栽培不忌連作，可週年生產及作業上較為輕易，因此推展養液栽培有其必要性。

二、栽培設施

就園藝設施而言，可分為硬體設施與軟體設施。目前硬體設施費用高，造成設施栽培一大困難，過去之溫室大都以水泥柱或木材、竹材做為骨材，使用年限短，又不耐颱風。最近已有以鍍鋅管、鐵骨等為骨材。屋頂通常利用玻璃纖維（FRP）浪板及硬質 PVC 塑膠板和軟質 PVC 膠布為主。尤其以軟質防紫外線 PVC 膠布使成為本省主要資材。而栽培床可利用紅泥塑膠布，黑色塑膠布或玻璃纖維（FRP）等製成，高約15公分，寬約70公分，長15—20公尺。以竹子或鋅管為植株之固定架，使呈垂直生長。其栽培床之構造如圖一。



圖一　洋香瓜之浮根式水耕構造圖

三、養液之配製

1.配製如表一。

主要素之處方依日本山崎氏之洋香瓜處方行。因季節之氣候（溫度、濕度、日照量）不同，其吸收也略有差異，但在本省以該培養液經鳳山熱帶園藝試驗分所試驗，雖然洋香瓜之養分吸收分營養生長期，授粉幼果期，果實肥大期和果實成熟期四個階段不同，但以此培養液組成濃度最適合栽培。

表一　溫室洋香瓜之水耕肥料處方（山崎1982）

肥　　　料	公克／m^3
硝酸鈣$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	826
硝酸鉀KNO_3	606
磷酸一銨$NH_4H_2PO_4$	152
硫酸鎂$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	369

2.微量元素之調配：

如表二調製，每1000公升的培養液中加 100ml 的微量元素。

表二　微量元素之調配

鹽　　類	10公升	加　入　方　法
硼　　酸	300公克	將左記之濃度液作成後，每1,000公升養液中加入100mℓ
硫 酸 錳	200公克	
硫 酸 鋅	22公克	
硫 酸 銅	5公克	
鉬 酸 鈉	2公克	
硫　　酸	10公克	

3.鐵源：

採用 Fe-EDTA 鐵源較適於較廣範圍當 PH＞5時不發生沈澱現象。每噸量養液中須加入20。

4.養液之配製：

首先在培養液槽或栽培床內灌入約一半的水量，照表一之肥料鹽用量，首先以適量的容器加水使硫酸鎂溶解，於溶解後倒入培養液槽或栽培床行均勻攪拌。再以同樣之要領，依硝酸鈣、硝酸鉀，第一磷酸銨順序加入養液槽或床內，若調製量大時，就須用攪拌器或泵浦作迴流攪拌。最後再加入微量元素及EDTA一鐵，完成整個調製過程。

四、育苗與定植：

洋香瓜幼苗發育優劣，影響將來栽培管理甚大。所以催芽、育苗，務使其發育整齊一致。先以50％免賴得一T，可濕性粉劑1000倍稀釋液浸種約 6 小時。種子殺菌後，置於30℃恆溫箱催芽約一天，於種子發芽後隨即將種子夾於 3cm 海棉塊之中間切口處行假植圖(二)，並以日本山崎氏洋香瓜養液配方濃度稀釋為 EC 1.0mmho，保持約 1 公分水位進行育苗，當苗長出3—4片本葉時（夏季約12—14天，冬季時20天左右）行定植。每床種 2 行，株距0.8—1公尺，若植株間太密，易導致通氣不良，管理不便，定植後採單蔓整枝法。

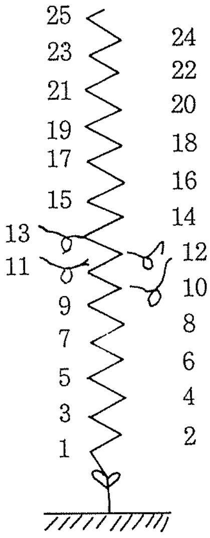
圖二　假植種子萌芽適期

五、栽培要點

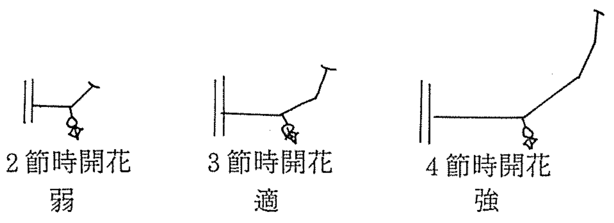
將育好之洋香瓜幼苗定植於栽培床中，當植株生長至5—6片葉時，即須除去子葉（因子葉葉背是白粉病初期發生之場所，也較不易防治），而後引蔓，行直立式栽培，等植株生長到10片葉時，以下之側芽全部摘除。俟伸長到25片葉時，頂芽行摘心。而在第10—13節留取子蔓（圖三），作為結果蔓，但因季節性或品種之關係再斟酌節位留果，例如長期性下雨包括陰天，或是常處於19℃以下之低溫天候時，阿魯士品系會產生雌雄花黃化或有雄花無花粉。但有些品系仍然有少許結果率。

結果蔓留 2 片葉，行摘心（圖三），俟雌花綻放後行授粉。溫室洋香瓜因栽種在密閉式的栽培室內，無蟲媒故需行人工授粉。溫度在23—27℃為最好授粉條件，通常用毛筆授粉。並依植株生長勢強或弱而除去上段之側芽（圖四）；當幼果發育至雞蛋大小時行疏果，每株僅留一果，通常選略橢圓形果實為佳。果實肥大至拳頭大時，須以塑膠繩將果實吊掛，以避免造成果實形狀呈畸型，必要時包起來以避免日晒。

網紋佈滿果實後，果實逐漸進入成熟期，洋香瓜果實糖分於果實接近成熟期時，急速增加，因此不可太早採收，以免糖度不足，肉質太硬，品質低落。由於品種之不同；其成熟期也有所差異。如何辨別採收適期，列舉以下之特徵供參考：



圖三　整枝



圖四　雌花開時與結果枝判斷生長熱

(一)果皮表皮色澤轉變，且釋出香味。

(二)果蒂發生離層（彷彿脫蒂狀）

(三)果梗或果蒂周圍有黃化特徵出現。

(四)結果蔓上葉片呈現缺鎂症狀。

(五)果臍部用手指輕輕壓，微有軟化感覺者。

(六)計算成熟日數，由授粉到果實採收依溫度計算日數採收。

六、養液管理

養液之管理，不外乎養液濃度及養液酸鹼度的控制，通常養液濃度以電導度計（E C meter），酸鹼度用酸鹼度計（pH meter ）來測定。

1.養液濃度（EC）管理：

當培養液調製完成後，便測定 EC 值，依洋香瓜之肥料處方配好後，培養液之 EC 隨水質而有差異，大致應在 2.0mmho/ cm 左右。於栽培期間每隔數天或每週測定其變化情形，因作物之生育時期及氣候環境條件的變化 EC 隨之改變，所以欲維持長時間保持一濃度是困難的，但是若能大致的維持相近電導度，同時配合穩定值，當可生育正常。依鳳山熱帶園藝試驗分所之報告，洋香瓜在整個過程中以授粉幼果期之吸收最多。不論循環式或滯水式浮根法，電導度皆隨生長時期而逐漸升高，而夏季栽培其 EC 升高較迅速。但應不影響其生育。

2.養液酸鹼度（pH）管理：

人體 pH 都在 5.0—6.6 為適宜範圍，以浮根式栽培時，通常 pH 值可維持穩定，不致有太大變化。然而於開花期偶有 pH 下降之現象發生。如果 pH 低時（酸性）以氫氧化鉀或氫氧化鈉調整， pH 值欲提高 1 時，每噸培養液加入約 6 公克氫氧化鈉。加入時宜先行稀釋再加入。依鳳山熱帶園藝試驗分所之試驗，洋香瓜在營養生長期， pH 很穩定，授粉幼果期 pH 變化較大而常有

下降現象，到果實發育，肥大期及成熟期，其變化較緩和。因此於開花結果期如有發生 pH 之下降時，得每天測定，以便維持適宜之範圍內，使生育得正常。唯該 pH 下降常與栽培方式有關，如以浮根式栽培的話， PH 維持較為穩定。

七、病蟲害防治

溫室洋香瓜之養液栽培，比起露地栽培，至少可減少土壤性病害，唯須切記嚴密控制蔓割病菌（Fusarium oxysporum f.sp melonis）之侵入，因設施均有隔離網，其它留意白粉病，蔓枯病之防治與蟎類之產生。

1.**白粉病：**

易感染葉片（尤其葉背），葉柄等部位，患部發生白色麵粉狀黴的分生孢子，而後漸漸變為灰色，若不防治，患部變黃枯落，發生嚴重時全部像下雪般覆蓋植株，而病原菌以子囊殼附著於被害殘株越年，並散佈全園，因此在二次栽種時必須先用褐色硫黃粉可濕性粉劑 250 倍作全園消毒殺菌。防治時以芬瑞莫乳劑等行噴洒。

2.**蔓枯病：**

多數發生於葉片，葉柄和莖部以及果實果梗。患部造成流膠潮濕。以得滅靈可濕性粉劑等防治。

3.**紅蜘蛛：**以蟎離丹可濕性粉劑等行防治。

4.**蚜蟲：**以萬靈行防治

5.**毒素病：**

除選擇抗或耐毒素病品系外對於感染植株立即拔除，並燒毀，忌將工具等連續使用，若使用工具有限，須重覆使用時，必先消毒如火烤或 75% 酒精處理。

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　116～120, 1989

金針花之礫耕栽培

翁廷鶴　鐘德明

本校於民國五十九年，在前校長呂理福先生之主持下，著手研究礫耕栽培（Gravel culture），並與大生行有限公司建教合作，先後在本校創建面積各佔500㎡及2640㎡之礫耕研究中心及清德礫耕農場。由於興建清德礫耕農場時，適逢石油危機，用以舖設塑膠耕床之塑膠布品質不佳，幸蒙教育廳撥下專款，部分（共1320㎡）面積方能改建為永久性之水泥製耕床。

清德礫耕農場之經營，初期相繼試栽小白菜、湯匙白菜、空心菜（圖一）、蔥、胡瓜、絲瓜、番茄及洋春瓜等多種蔬菜。後來由於清德礫耕農場距離校本部較遠（約5公里），管理不便，乃從民國七十年開始改種多年生，病蟲害較少，且不需要花太多時間管理的金針菜（見本省養液栽培之現況及其改進方向文之圖一），今將金針之礫耕栽培情形概述如下：

一、設　施

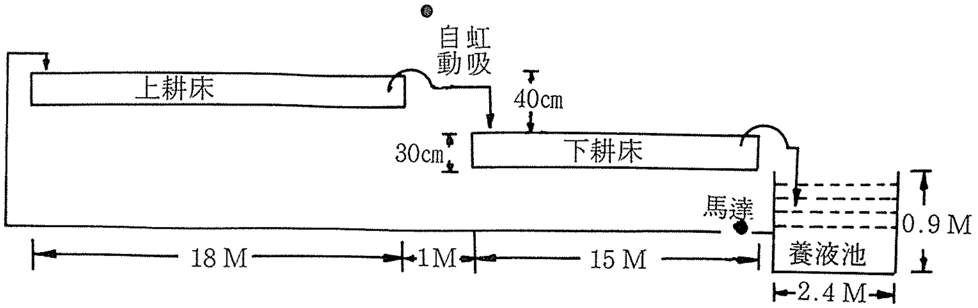
㈠耕床之排列方式

採階梯式排列，上耕床與下耕床間之落差為40㎝（圖一），整個農場分為A、B、C、D、及E區，每一區設置養液池及一個供應培養液的抽水機（圖三、圖四）。養液池上加蓋，成為通道，將農場隔成兩半。

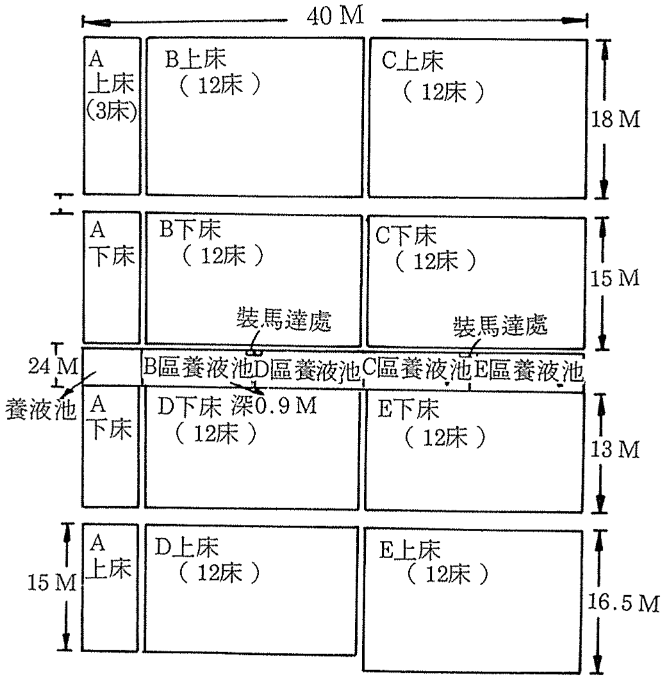
㈡耕床之構造

為兩段階梯式之鋼筋水泥床（圖一），其規格為81㎝（寬）×30㎝（高）（圖三），上耕床較下耕床（圖四）長。床底面由床外側稍向中央傾斜，形成縱走之底溝，底溝覆以半圓形的塑膠製底溝蓋。

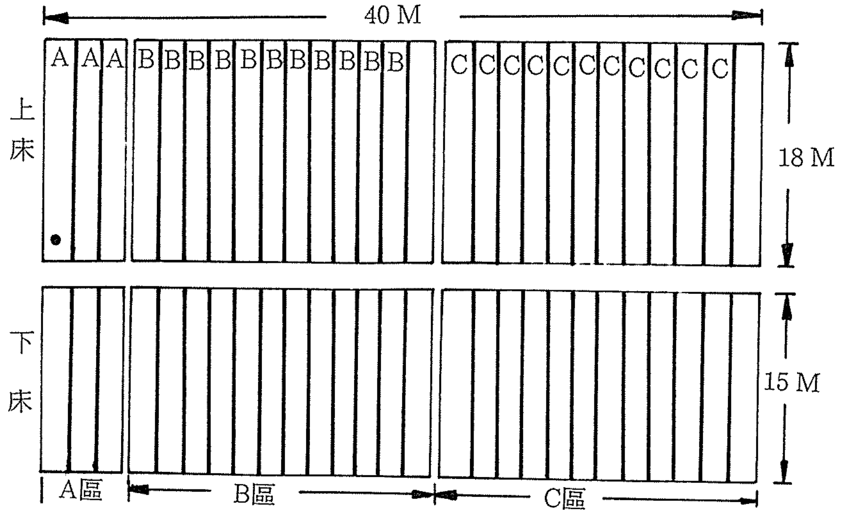
圖一　空心菜之礫耕栽培



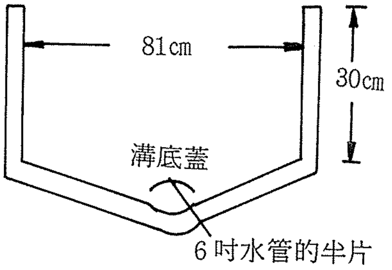
圖二　礫耕床之階梯式排列



圖三　礫耕農場平面圖



圖四　礫耕農場（半邊）之耕床排列圖



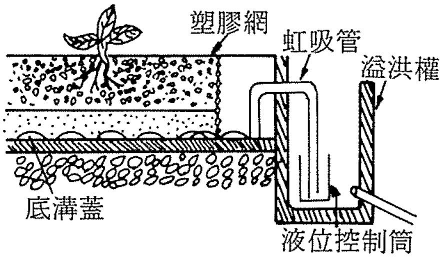
圖五 耕床之橫斷面圖

㈢石礫之選擇

選用採自河川之石礫，其大小在0.15cm～1.2cm之間，使用前曾用清水充分洗淨，並經陽光消毒。

㈣灌溉裝置

採循迴灌溉，抽水機將培養液由養液池抽送到耕床的另一端而灌注於耕床內。當液面超過一定的高度時，養液便通過虹吸管流回養液池，如（圖六）所示之溢洪裝置包括虹吸管及溢洪槽兩部分。另外還有用以調節溢洪水位高度的溢洪控制筒，控制筒愈大，溢洪水位愈高，筒底小孔的目的在避免筒內積水致發生排液不良的現象。



圖六 階梯式虹吸裝置

二、培養液配方

為節省肥料費用，採用成本較低的龍農礫耕養液基本配方，本配方之主要特點是以省產較便宜的硝酸銨鈣代替較貴的硝酸鉀做為氮肥的來源。

表一 龍潭農工礫耕養液配方

巨量肥料 用量	公克／1000公升	微量肥料	
硝酸銨鈣	700	氯化鐵或Fe EDTA	15.0
過磷酸鈣	300	硼酸	1.2
硫酸鎂	480	硫酸鋅	0.08
氯化鉀	550	硫酸錳	0.80
		硫酸銅	0.02
		鉬酸鈉	0.01

三、栽　　培

㈠栽　　植

本礫耕農場共有108個耕床，每床種兩行，株距50㎝，共栽植7128株，苗係由一般的土耕農場移植過來。移植前，先將耕床中的石礫按前述的株距挖開適當深度的孔，把養液灌滿耕床，再把幼苗植入孔中，隨即將挖開的石礫恢復原位舖平植孔。

㈡養液灌排

移植之初，視天氣情形每天灌排2～3次，俟新根伸長後每天只灌排一次。成熟後，每年的七月中旬開始梗形成花蕾，此時暫停加肥料，但仍繼續供水，10天後串串含苞待放的穗佈滿整個農場，猶似壯闊美麗的花壇。

㈢收　　獲

金針菜之開花期間延續約三個月，以去年（1988）為例：從8月1日開始採收至10月10日止，每天採收一次。據經驗，每天早晨愈早採收，其加工乾燥後之成品品質愈佳，假如在下午採收，花朵雖然特別大，但其加工後之成品顏色較為暗淡，商品價值較低。因此，採收時應能辨別〝今日針〞（當天開花者）與〝明日針〞（明日開花者）之不同（二者之大小及顏色相當接近）。否則如漏採了今日針，則隔日一開放便失去商品價值。

㈣加工處理

將採收的新鮮金針花，散撒在竹蓆上，經蒸氣殺菁後，置陽光下曝曬，待九分乾之後，置於密閉室之竹架上，底下點燃硫磺，燻8～10力時，然後取出再以陽光曝曬至乾燥為止，然後裝袋密封即成品，若逢陰雨天，則改用烘焙。

㈤去年金針花採製實況：

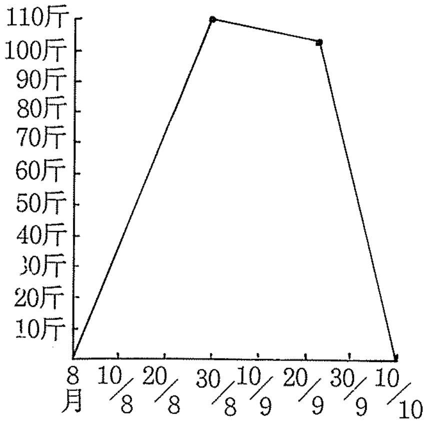
1.期間：78.8.1～78.10.10

2.產量：鮮花2235公斤，乾花414公斤

3 單價：每台斤260元

4.價值：107.640元

5.生產曲線圖



四、結　　論

1.金針菜為多年生植物，病蟲害少、耐旱、管理簡便，頗適合露天式之礫耕栽培。
2.從栽種管理到採收，再從採收到加工以及銷售，產銷一元化，學生都有充份的機會參與礫耕栽培的經營，有助於充實學生的水耕實習。
3.金針菜一年比一年分蘗多，產量亦逐年增產，即種一次可連續採收十年。
4.全年管理便捷，成本低廉，加工後的乾金針可以久置，產銷穩定，實為一理想之礫耕蔬菜。
5.冷凍乾燥法製成之成品，品質亦良好，可以大規模的生產。

養液栽培技術講習會專刊　第二輯　121～126, 1989

綜　合　討　論

李科長金龍（農委會）

設施園藝技術的開發計劃，由行政院農業委員會策動，台灣省政府農林廳負責一些技術性的示範，而技術的開發工作是由台灣省農業試驗所來彙整。另外還有幾個單位配合辦理，包括台中區農業改良場，鳳山熱帶園藝試驗分所，中興大學等。在座的食科系主任兼研究所所長賴教授，他是食品方面的專家。設施園藝所生產的產品還是以供人消費為主，在農藥殘毒或營養分析上如有需要可向他請教。鄭技正是主管生物科技，就是高科技的開發工作。謎技正是負責農委會蔬菜生產業務與林昭雄主任都是蔬菜方面的專家。林國濱技正代表農林廳，因實際工作還是請農林廳來推動，所以他是來與各位交換意見。

杜所長金池（農試所）：

設施園藝在農委會高瞻遠矚策動之下，正蓬勃發展。在生活水準提高，消費者對高品質農產品要求之情況下，如何在台灣有限的耕地面積，利用現代化生產技術來生產高品質的農產品，那是我們要共同追求的目標。我希望大家在研習參觀後，對於設施栽培能產生信心。也許有了好奇心、有了信心我想還是不夠的，俗語說「羅馬不是一天所造成的」，所以大家一定要有耐心。對一個事業假如有了信心、有耐心去培養它，相信這個事業，將會蓬勃發展的。

楊清光（台南縣）問：

水耕栽培技術在台灣是剛起步的行業，消費者接受的程度有限，因為大衆傳播媒體廣告效果不夠，如業者自行推出廣告，負擔較重，是否能請政府有關單位協助多作宣導。

李科長金龍（農委會）答：

在農委會與農林廳所主辦的計劃中，如發展觀光農業計劃，曾經編列預算透過電視、電台、報紙及印製單張作宣傳。以前未對水耕產品作很多宣傳，主要是因其規模還很小，如各位認為規範上有需要的話，我想請林技正在來年計劃裡編列經費，利用電視場合來宣導水耕栽培蔬菜，在其營養上及清潔程度作一重點之宣傳請大家多多利用。

柯瑞鏗（彰化縣）問：

①政府對水耕蔬菜宣導不夠使消費者懷疑其清潔程度，希望政府能多加宣導，在宣導時要注意避免誤導，以免讓業者產生盲目的投資。②設施費用太高，政府是否能全額免息貸款。③是否能請政府有關單位作一有計劃產銷。④水耕栽培剛在萌芽階段，有很多技術亟需改進，最好能成立學會定期研討，或是請政府有關單位成立一專責機構來試驗，來推廣，協助業者解決困難。

李科長（農委會）答：

如由政府出面作宣導不會產生誤導現象，你所說的是報紙之報導，有些報紙之報導是採訪記者不夠嚴謹而產生一些誤導現象，那是不能代表政府發言。在推廣方面，或是貸款及全額補助，

須先作一聲明，政府到目前爲止並未推廣水耕栽培，其用意在配合經濟發展的趨勢，將一些新的科技引進，如大家有興趣可以先投入這行業，但政府不推廣。至於貸款方面，等技術成熟時，再考慮以日本方式來幫助大家在初期創業時，資金取得較合理。我們正在研究如何組成一個學會或者計劃產銷，就像各位來參加此次講習會，就有互通訊息、互相交換資料的功能，但是政府不會參與這個工作。技術指導有指定專責機構來辦理，正如鳳山熱帶園藝試驗分所舉辦這次講習會，如大家有疑問，可就近查詢。

陳國棟（台北縣）問：

(1)養液配方調配是很麻煩之事，如台肥先開發幾種配方，但其價格太貴農民無法負擔。(2)農情資訊個人覺得很缺乏，希望在一星期內能統計出來，以供農民查詢得知某些農產品供應量是否應增或減，以決定生產量之多寡。

王銀波（中興大學）答：

關於第一點問題，可向台肥公司業務處副處長楊光盛先生洽詢，至於價錢問題我想可透過農委會正式向他們反應。

李金龍（農委會）答：

我們願意在適當的時候與台肥公司討論價錢問題。台肥公司是一個國營事業，它也有其營運方針當然關鍵是我們使用量少，當使用量多時其價格當然會降低，在這過渡時期請大家忍耐一下，同時也希望試驗機關能開發自己的配方，可以免費提供你們自己去調配。資訊方面有些可能做得不夠好，農林廳已發表農情週報，報導一星期農產品之市場價格變化，產地生產量變化，還有由農委會根據幾個產地批發及消費市場已經建立電傳視訊資料，透過電信局衛星傳送，農會都有最新的資料，你們可透過農會方面去查詢。

高德錚（台中改良場）答：

台肥公司的肥料應是家庭式水耕，而不適合長期性水耕，所以各位有心做水耕，不要朝這方向去走，應就近向台中區農業改良場，桃園區農業改良場或鳳山熱帶園藝試驗分所索取配方，我並不是打斷台肥公司之銷路，但做試驗可以因其只做一次就要丟掉。

羅文權（台中縣）問：

政府推廣淸潔蔬菜時，希望能建立一個標誌，讓消費者能夠淸楚的辨別，以維護農民的權益。

高德錚（台中區農業改良場）答：

水耕蔬菜應帶一個海綿送到市場那就是它的標誌，我想政府不需要發給它一個標誌。譬如楊淸光先生就註冊家庭水耕包裝在市面上行銷上面標明農林廳輔導或農業改良場輔導所以我想業者真正需要的是自立自強。

李金龍（農委會）答：

政府單位原則上（如農委會或農林廳）並不想介入業者的生產業務，譬如鮮奶的標誌，政府不是用公權力去做，而是幫他們去做公信力。楊先生也是由政府出面替他申請，在市場上銷售比較能夠受到信任。而這項工作，我們不敢做，原因是產品太多了，且做了以後也沒辦法一天到晚去監督是不是生產十包米賠了十一包？所以這個建議基本上是不可行，業者必須自己想辦法，有必要我們可配合你，但政府出面輔導建立標誌是不太可能的。

嚴春和（南投縣）問：

⑴希望能提供溫室本土化方面的資料。⑵是否能朝溫室在夏季利用率提高方面去研究。

李金龍（農委會）答：

現正著手研究關於「設施園藝技術開發研究」，行政院農業委員會將它列入重點國家級計劃。在今年度就編列新台幣三千五百萬做為技術開發，其中重點之一就是把溫室本土，因為歐美的溫室主要是以升高溫度為主，而我們是要降溫防雨，其本身架構不一樣。台灣省農業試驗所有些溫室從歐美進口，他們經過適當的改進，比較適合夏天的降溫，台大農工系王鼎盛教授，主編「溫室的結構」可供你們參考。

柯瑞鏗（台中縣）問：

⑴是否能收集有關養份失調症狀用彩色圖鑑集成一本書以供農民參考。

⑵是否請政府組團或由業者組團，政府補助或業者出錢至國外參觀。

李金龍（農委會）答：

⑴我們會將你的意思轉至中興大學李國權教授將這養份失調方面的症狀儘可能以彩色圖鑑表達，事實上他所進行的工作是接受農委會經費補助委託他做，不只是做水耕蔬菜方面的營養失調，對很多水果蔬菜養份失調各方面症狀診斷提出一些簡單的方法。

⑵至於國外參觀，由政府補助是比較困難，由民間組團可自由府協助。

王銀波（中興大學）答：

李教授的圖鑑有些是他自己做的，有些是參考別人的，所以別人做的不太可能出版彩色圖鑑如亞麻可參考亞太糧肥中心所編的一本小冊子。另有兩本書是日本東京大學三井教授所寫的營養缺乏症狀，另一本是日本刑乃村農業技所淺田與京都大學高橋合寫，後來高橋訂正過，而後者尚可購得，前者已絕版。其中以亞太糧肥中心那一本較便宜，亞太糧肥中心住址是台北市溫洲街14號5F。豐年社也有類似參考書。

李俊賢（嘉義市）問：

⑴防止培養液遭受病菌感染除紫外線殺菌，更新培養液外應使用何種藥劑，混入消毒後較為理想，其施用原則如何？

⑵防沈澱藥劑含色素滲[illegible]台有無代理商可洽購，可否順請查詢。

林正忠（鳳試所）答：

在養液裡曾發現過細菌性的軟腐病，發生時是受到外面影響而污染養液，雖可加入藥劑抑制，但是同時植物會受到污染，而辜負它是一種清潔蔬菜，所以最根本的方法是將這一期作物廢除。

李金龍（農委會）答：

至於代理商問題，農委會侯鳳舞先生為主辦這項業務人員，請他向李晧教授詢問後再答覆你。

高德錚（台中區農業改良場）答：

養液沈澱真正的問題在於養液不循環，流動速率不夠大造成根圈的PH升得太高，養液發生局部變化，鈣離子與硫酸根離子形成沈澱或磷酸根離子與鈣離子形成沈澱，這不是加藥物所能解決，必須在栽培系統上增加其流速。一個好的栽培系統養液必須在密閉的狀態下，因此只要在密閉的狀態下加速養液流動，就可減少不必要的病害，但目前在很多自己做的水耕系統裡發現有根瘤線蟲的危害，根瘤線蟲在固定介質更形嚴重所以在育苗期須特別留意。

林家憲（台中縣）問：

乳牛有鮮乳標誌，蔬菜的生產量也不會輸給鮮乳，蔬菜是否可比照鮮乳建立一標誌。

林國濱（農林廳）答：

我們正研究探討此問題，但只能輔導農會很難輔導個人，農會先調查轄區，再進行探討標誌問題。

賴明輝（台中市）問：

種植果菜類，需要面積較廣，以單位面積之種植多少株，其根部生長與植株生長可適合比例。

沈再發（鳳試所）答：

果菜類溫室側高至少1.8m以上，在台灣除高溫外，最怕的是溼度高。在養液栽培是講究種植密度，像洋香瓜種植密度每分地約2400株，不要太高了，如密度太高，光線、通風是問題，溼度高對病蟲害亦有影響。葉菜類栽植距離約十幾公分，不同作物種類和栽培法有不同的密度。

鄔錫正（桃園縣）問：

養液栽培技術，在發過程中應將提出的問題及解決的方法做成記錄，以尋求突破。但我們應尊重個人的智慧財產權，希望政府能以頒發獎金、獎狀的制度以示鼓勵，進而在栽培技術上有所突破與貢獻。

林國濱（農林廳）答：

國家級計劃在研擬時，應首先考慮到那些問題急需解決，優先提送計劃加以解決，但是否以獎金來獎勵，只能加以考慮其可行性。

劉惠莉（嘉義市）問：

目前農民是處於先鋒的地位，而政府只從旁輔導，往後是否可加強水耕果菜的宣導。

李金龍（農委會）答：

政府的財力是有限的，不可能照顧到每個人，只能以多數人為依歸。政府於十年前即積極開發此技術邀請歸國學人一起貢獻心力，把重要問題優先解決，因而造成農民認為農政單位屬於被動式，其實農政單位目前正積極開發此種技術來輔導各位，所以這是認知與溝通上的差距問題。

林國濱（農林廳）答：

關於宣導方面，如業者經營良好，可透過農會或地區農業改良場製作宣導短片加以宣導，如這方面有疑問可與農林廳特產科蔬菜股周良皇先生或林國濱先生連繫，電話是（049）332681

沈再發（鳳試所）答：

至於成立研究會，目前可由幾個試驗研究單位如中興大學、台中區農業改良場及鳳山熱帶園藝試驗所，負責籌備工作。成立之後可多辦些參觀及學術研究之活動，試驗機關願意加以協助。

鄔錫正（桃園縣政府）問：

(1)養液如何配製。

(2)原料何處購買。

(3)如何利用營養液調配成稀釋後噴灑於葉面。

王銀波（中興大學）答：

(1)去年之講習會專刊有培養液中之肥料及管理可參考59-70頁。

(2)化工原料行即可購買到，但應注意其成份是否會危害人體，所以最好以原料級之原料來配製養液，如沒有可買食品級之原料但應注意其安全性及價格問題。

(3)最好不要用養液調配成稀釋液噴灑於葉面，如植株營養缺乏症出現，可自行用原料調配成稀釋液噴灑葉面即可，一般的栽培方式到後期都會缺乏氮素，原因有二，其一、後期需鉀較多，其二、因前期氮素被植體吸收了，致使後期氮素較少，故目前本人控制培養液，一以電導度，另一以氮量來控制。再則若氮缺乏可以尿素噴灑，其濃度可至0.5％。至於磷與鉀可以磷酸鉀或硝酸鉀來噴施，其濃度0.2-0.4％。若缺乏硼或銅，因這二種元素對植物的毒性較高，故濃度應以0.1-0.2％來噴，而錳、鋅、鐵缺乏，可用硫酸錳、硫酸鋅、硫酸鐵濃度0.2-0.4％來噴灑，可說缺什麼就用什麼來噴不需以稀釋方培養液來噴施，因培養液較貴。

鄔錫正（桃園縣政府）問：

硫酸根離子太多會產生硫酸鈣的沈澱，是否需以 EDTA 來取代某些要素？

王銀波（中興大學）答：

目前都主張以 EDTA-Fe 來取代 $FeSO_4$，事實上硫酸根離子含量很少，怕的是多量元素中有硫酸根，如此硫酸根才會過多。我不太主張用 EDTA-Fe，因我在進行植物生理實驗時 EDTA-Fe 雖溶解度很好，但植物仍會將 EDTA 吸收進人體內，而 EDTA 是種不易分解的有機物，若太多反而植物生長有抑制作用。故美國現在採用別種的有機物鐵而其有機物較易分解，如此對植物生長較好。短期作物氧氣若不夠多，則不會造成Fe的沉澱，如我曾以小白菜作實驗，發現將 $FeSO_4$ 一次加入養液中，並不比加 EDTA-Fe 或將 $FeSO_4$ 分二次加入產量來得少，反而好些，所以我不主張用 EDTA-Fe，因其價格較貴，且過多對植物有抑制作用，但 EDTA-Fe 較易被植物吸收、故看個人的技術與需要作選擇。

鄔錫正（桃園縣政府）問：

採用葉面施肥時，那些作物在某溫度下應施用多少濃度，即一般性的葉面施肥如何來補充根吸收不足，有無這方面的資料。

王銀波（中興大學）答：

資料是有，但很零星，總之剛才所說的濃度一定是安全的濃度，較之日本所寫的來得安全。因本省氣候與日本不同，故植株可接受的程度也就不同，但如對濃度還不放心，可將前面所述的濃度加上等量濃度的石灰再施肥，可抑制更慢，如此就不會有問題了。至於那種作物應噴灑多少，很難加以計算，因作物種類、氣候等變數太多，無法綜合回答。